VOILES & GREEMENTS

PIERRE GUTELLE

EDITIONS MARITIMES ET D'OUTRE MER

Introduction

L'acheteur d'un monotype ou d'un voilier de série commence par contrôler avec soin l'état de la coque, la qualité de la peinture ou des finitions. Il le mâte après s'être débattu avec tous les câbles, cordages et accessoires divers du gréement, dont la destination lui semble parfois bien mystérieuse, et sort de leur sac les voiles bien pliées, trop pressé de partir pour prendre le loisir de s'y intéresser plus que le temps nécessaire pour les enverguer.

De même, celui qui décide de faire construire un voilier passera des heures à discuter avec l'architecte des formes, des emménagements. Il rêvera sur les catalogues ou devant les comptoirs des shipchandlers de toute une quincaillerie, parfois bien clinquante, et de multiples gadgets. Il ne manquera pas de surveiller attentivement la construction, but de nombreux déplacements. Mais lorsque le moment arrivera de commander les voiles, il choisira le voilier que lui conseillera l'architecte, ou celui dont la rumeur publique lui aura vanté les mérites, se contentant de lui faire adresser le plan de voilure en précisant simplement le choix des différentes voiles.

Est-ce parce que le contact que l'on peut avoir avec elles est des plus réduits ou parce que persiste dans l'esprit un certain mystère sur leur comportement ? quelle que soit la raison, les voiles restent, dans l'ensemble des composants du voilier, une sorte de parent pauvre.

En écrivant ce livre, j'ai donc tenté d'atteindre un double but, documentaire et pratique.

Documentaire, en espérant ainsi faire connaître mieux ce qu'est une voile, et pratique, en fournissant les éléments techniques nécessaires pour mieux la choisir, l'utiliser, en prendre soin.

Peut-être même, pris au jeu, le lecteur sera-t-il tenté de vouloir réaliser lui-même ses voiles. Sans vouloir l'en décourager par avance, je crois qu'il est bon de lui montrer les difficultés qu'il rencontrera tant dans la recherche des fournitures nécessaires que dans l'utilisation des matériaux modernes entrant dans la confection des voiles.

Autrefois, le travail du maître voilier était considéré comme un art. Aujourd'hui, une meilleure connaissance de l'aérodynamique et de la théorie du voilier apporte des bases scientifiques que seul le manque de moyens techniques suffisants ne permet pas au voilier d'utiliser à fond.

Ces progrès dans la connaissance des facteurs aérodynamiques et mécaniques intervenant dans la mise en forme d'une voile ont reçu, grâce à l'aide de l'informatique, des développements tels que nous lui consacrons un paragraphe spécial.

On trouvera, enfin, dans ce livre, un chapitre sur les accessoires des voiles et une partie consacrée aux gréements.

L'évolution des matériaux de synthèse et de la métallurgie a en effet considérablement modifié les notions anciennes et permis leur adaptation précise à chacune des utilisations à bord d'un voilier.

Quitte à faire frémir parfois les spécialistes, j'ai autant que possible évité d'utiliser des termes trop techniques pour que le plaisancier d'aujourd'hui, qui ne possède pas la « tradition » de la voile, ne soit pas obligé de conserver à portée de main, un dictionnaire de marine.

●

Pendant longtemps l'influence des voiles sur la marche d'un bateau est restée dans l'ombre de l'ignorance au bénéfice des carènes qui semblaient une chose plus importante parce que plus concrète. Même si cela semble évident, il ne faut pas oublier que les voiles sont le moteur du voilier. Aujourd'hui encore, trop de propriétaires ne se soucient pas assez de leurs voiles, les acceptant telles qu'elles sont, les conservant jalousement si elles se révèlent bonnes. Beaucoup aussi ne pensent qu'au simple aspect financier, cherchant avant tout le plus bas prix, lequel se révèle rarement... le meilleur. Il est vrai que la majorité des bateaux vendus étant de série, l'acheteur est obligé de se contenter de ce que le constructeur

a choisi pour lui. Ce dernier étant toujours limité par le souci de son prix de revient, le résultat ne sera pas forcément des plus heureux.

Qu'il s'agisse du propriétaire ou du constructeur, tous deux font un mauvais calcul car la marche du bateau sera lourdement handicapée. Le premier sera déçu et le second risque la renommée d'une série qui, par ailleurs, pouvait être bonne.

Et il faut reconnaître que sur ce point les choses ne s'arrangent guère avec l'apparition des productions extrêmes-orientales. L'acheteur devra toujours s'enquérir de l'origine des voiles qui lui sont proposées, de la référence de leur tissu. Il sera souvent préférable, lorsque cela est possible, d'acquérir le bateau sans voiles et de commander celles-ci directement. Vous pourrez ainsi choisir le voilier qui vous apportera le meilleur service, choisir la garde-robe qui convient précisément à la navigation envisagée et la qualité de tissu la meilleure.

N'hésitez pas à faire plusieurs demandes de prix détaillées, pour une même qualité les différences peuvent être sensibles et il ne faudrait surtout pas en déduire que le voilier le plus cher vous fournira obligatoirement les meilleures voiles. La réputation de certains est parfois bien surfaite et trop souvent une renommée justement méritée au départ conduit à un surcroît de commandes nuisible à la qualité.

Cependant pour la majorité d'entre eux, on doit reconnaître que parmi toutes les branches de la construction de plaisance ce sont certainement les plus consciencieux et ceux qui ont le plus grand sens du « service ». Ce n'est pas par hasard que c'est également dans cette branche que l'on trouve le plus de champions. Recherchant toujours la perfection, ils ont commencé par faire des voiles pour eux-mêmes, puis pour leurs camarades de club, avant d'être pris dans l'engrenage qui les a conduit à devenir voilier professionnel. Il n'est pour s'en rendre compte que de citer les noms du Danois Elvström, des Américains Lowell North ou Hood, des Anglais Bruce Bank ou Keith Musto, ou des Français Verneuil et Harinkouc, Devillars, Christ, B. Chéret, Ancel ou Gateff entre autres.

Quelques conseils encore dans le choix du voilier et vos rapports avec lui. Si cela est possible, choisissez un voilier situé près de l'endroit où vous naviguez, il pourra plus facilement remédier à un défaut ou mettre au point votre voile.

Donnez-lui des indications précises, non seulement sur le bateau et les cotes de la voile elle-même, mais aussi sur la dimension des gorges pour les ralingues ou des rails, sur la distance exacte du manillon de point d'amure par rapport à l'arrière du mât, éventuellement sur la souplesse des espars, etc.

Si le bateau est dessiné suivant un règlement ou une jauge, il ne faudra pas oublier d'en tenir compte. Si le bateau est en cours de construction les cotes du plan de voilure feront foi, mais s'il s'agit de compléter la garde-robe du bateau, il faudra non seulement fournir au voilier le certificat de jauge, mais vérifier si les cotes qui y sont portées (hauteur et base de la grand-voile et du triangle avant, tangon) n'ont pas été altérées par la modification ou le remplacement de certaines pièçes d'accastillage. Pour les génois, il est très important de mesurer sur le bateau la distance exacte entre le mousqueton ou la manille de la drisse hissé à bloc et la fixation du point d'amure et également de définir la hauteur entre ce même point d'amure et les filières si la voile doit passer par-dessus.

Enfin, commandez vos voiles en fin de saison, septembre ou octobre, vous serez toujours mieux servis et bénéficierez parfois de remises de prix.

Il est également utile de savoir que pour beaucoup de séries de dériveurs, le nombre de jeux de voiles que l'on peut acheter est limité dans le temps (Vaurien, 420, Ponant) et que dans ce cas la commande doit être passée par l'intermédiaire ou avec l'accord de l'Association. Certaines séries imposent le choix du voilier, alors que pour d'autres, cette sélection est faite naturellement par la spécialisation de l'un d'entre eux sur une série donnée.

PREMIÈRE PARTIE

VOILES

I. La garde-robe du voilier

Autrefois, le nombre de voiles que portait simultanément un yacht était impressionnant ; un cotre comptait rarement moins de cinq voiles : grand-voile, flèche, trinquette, foc, clinfoc. Aujourd'hui, où le gréement de sloop est devenu de loin le plus répandu, il n'y a plus que deux voiles, sauf aux allures portantes où, nous le verrons, le nombre tend à s'accroître rapidement. Il ne faudrait pas en déduire pour autant que la garde-robe d'un voilier est moins importante, car si la réduction de surface de la voilure se faisait autrefois en affalant successivement un certain nombre de voiles avant de prendre des ris ou d'utiliser les voiles de cape, on emploie aujourd'hui toute une série de voiles d'avant de poids, de surface et de coupe adaptés à l'allure et à la force du vent.

Au problème de la réduction de la voilure est venu s'ajouter celui du rendement aérodynamique.

L'étude de celui-ci a permis de se rendre mieux compte de l'importance de la forme de la voile elle-même ainsi que de l'avantage des voiles d'avant autour desquelles l'écoulement de l'air n'est pas perturbé par la présence du mât et de son haubannage.

Le problème de la forme connaît maintenant, surtout pour les dériveurs et grâce aux caractéristiques des tissus modernes, une relative simplification due à l'adoption des mâts souples. En fait, le problème s'est déplacé car, s'il n'est plus indispensable de disposer de plusieurs grand-voiles de creux différents, la coupe de celles-ci, la

réalisation du mât, le haubannage et la coordination de ces trois éléments se sont trouvés éminemment compliqués.

Par ailleurs, le spinnaker et ses « aides » ont pris une importance de plus en plus grande, non seulement au vent arrière, mais à toutes les allures portantes.

Si votre budget est limité, ou si vous acquérez un bateau de série, vous devrez généralement vous contenter au départ d'une grand-voile et d'une seule voile d'avant.

Suivant le type de bateau, vos possibilités, les régions où vous naviguez, le type de navigation, le choix des voiles complémentaires sera différent. C'est pourquoi nous allons passer en revue les différents cas qui peuvent se présenter.

Dériveur léger de promenade et d'initiation

Une grand-voile, un foc dont la surface sera à peu près égale au tiers de la précédente, c'est là l'essentiel (*fig. 1-1*).

Généralement, la bôme est conçue pour que la grand-voile puisse être roulée, mais si cela n'est pas prévu, il n'est pas plus mauvais de faire poser une bande ris permettant de réduire la surface de 25 à 30 %.

Un tourmentin inférieur de 40 % environ au foc normal sera utile pour conserver l'équilibre du bateau si le poids de l'équipage est relativement léger et si vous naviguez par vent fort.

Si vous désirez varier un peu les plaisirs ou vous entraîner pour passer sur des séries de compétition, vous pourrez vous offrir un spinnaker. S'il n'est pas prévu par le fabricant, vous pourrez certainement vous en procurer un dans une série analogue, mais limitez-vous à une surface modérée, au maximum celle de la grand-voile.

Puisqu'il n'est pas ici question de compétition, vous pouvez facilement acheter un tourmentin ou un spinnaker d'occasion. Vérifiez simplement qu'ils soient en bon état et en particulier que le spinnaker n'ait pas été déformé.

Voilier de promenade

Précisons tout d'abord que nous entendons par bateau de promenade, un voilier plus ou moins lesté, équipé d'un moteur auxiliaire, hors-bord ou fixe, destiné à embarquer 4 ou 5 personnes

pour des sorties de la journée avec pêche, pique-nique, baignade, etc.

Très souvent les propriétaires et, sous leur influence, les constructeurs, portent plus d'attention à leur moteur qu'à leur voilure et oublient que si le moteur tombe en panne, ils seront bien heureux de retrouver leurs voiles, à condition que celles-ci soient en état de rendre le service qu'on en attend.

Le gréement de ce type de bateau étant généralement le sloop, la voilure comprendra une grand-voile qui sera équipée de deux bandes de ris au minimum, d'un foc assez grand, de surface égale à 30 ou 40 % de la grand-voile et d'un tourmentin moitié moins grand

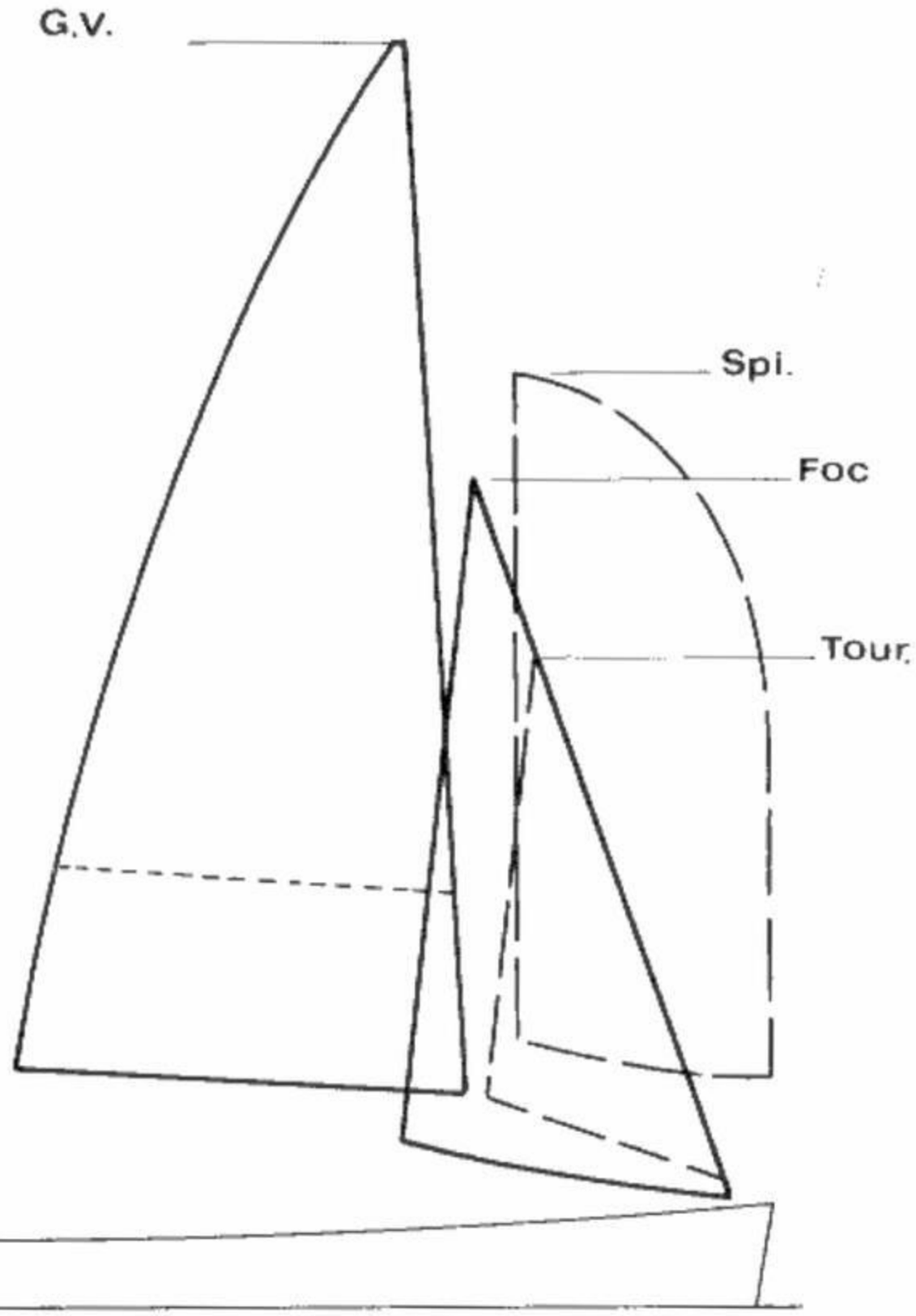


Figure 1-1. — *Dériveur léger de promenade et d'initiation.*
Base : Grand-voile, 6,50 m². Foc, 2,50 m².
Option : Tourmentin, 1,50m². Spinnaker, 6 m².
Toutes ces dimensions sont données à titre d'exemple des proportions entre les voiles.

(*fig. 1-2*). Si nous insistons sur les ris et le tourmentin, c'est que les ennuis de moteur — à part la trop classique panne sèche — se produisent le plus souvent dès que le temps se gâte. Il faut donc pouvoir disposer à la fois d'une surface totale suffisante pour rentrer par petit temps et pouvoir étaler un grain d'orage ou une levée de mistral.

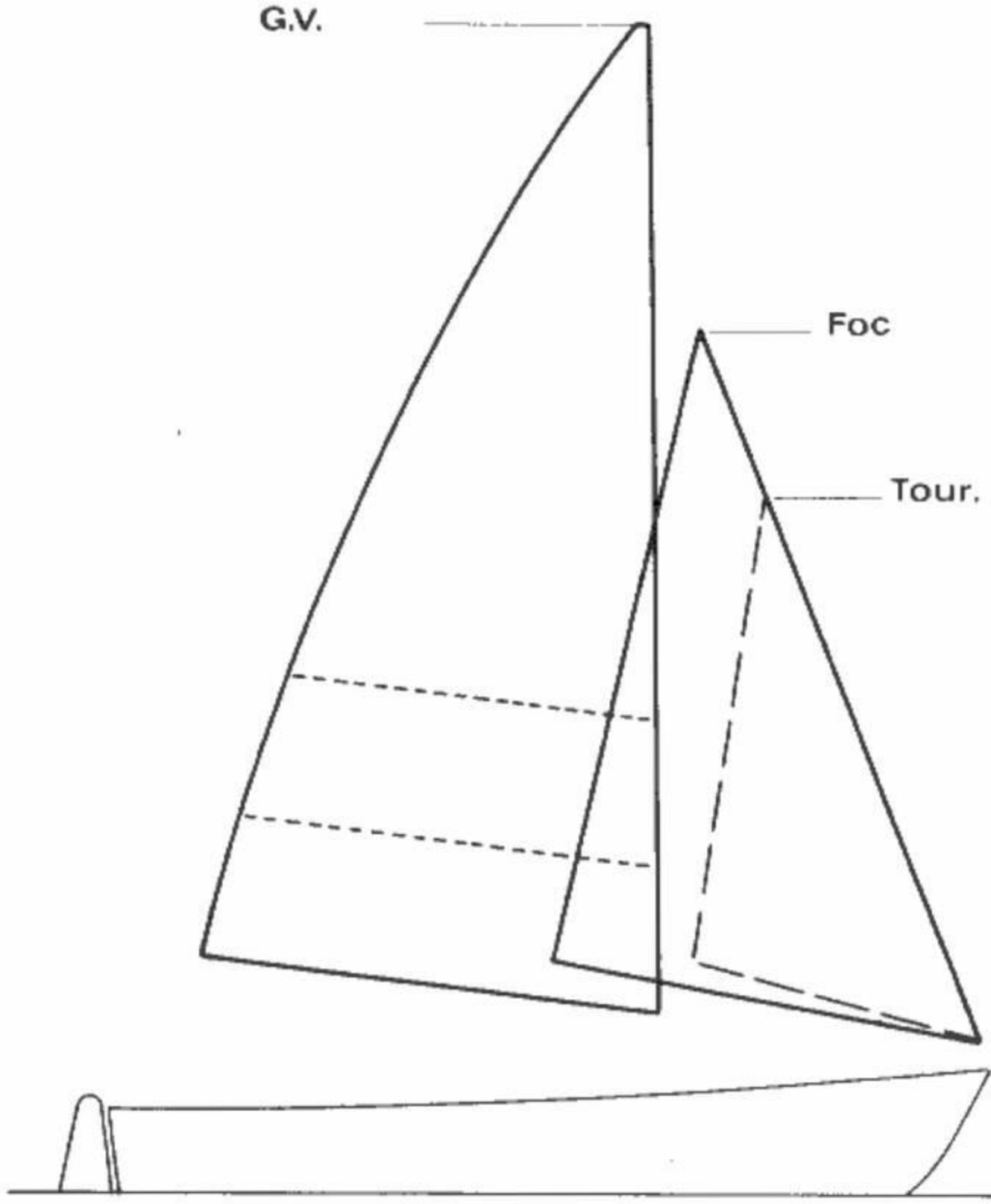


Figure 1-2 — *Voilier de promenade.*
Base : Grand-voile, 12 m². Foc, 4 m². Tourmentin, 2 m².

Si vous naviguez plus au moteur qu'à la voile, ce qui est un grand tort car, sauf par calme plat, le bateau appuyé par la voilure est beaucoup plus confortable, la grand-voile devra être ferlée correctement sur la bôme, et non saucissonnée, et protégée par un taud. Nous verrons au chapitre IV comment réaliser un système commode et efficace.

Les focs seront rangés dans des sacs séparés chacun avec ses écoutes et toutes les voiles seront aérées le plus souvent possible.

Moyennant ces quelques précautions, votre voilure sera toujours en état de répondre à vos besoins.

Voilier de croisière côtière

Il s'agit dans la majorité des cas de voiliers de 6 à 9m de longueur maximum construits en série et livrés avec un jeu de voiles réduit comprenant une grand-voile et un foc (*fig. 1-3*). Il est certain que

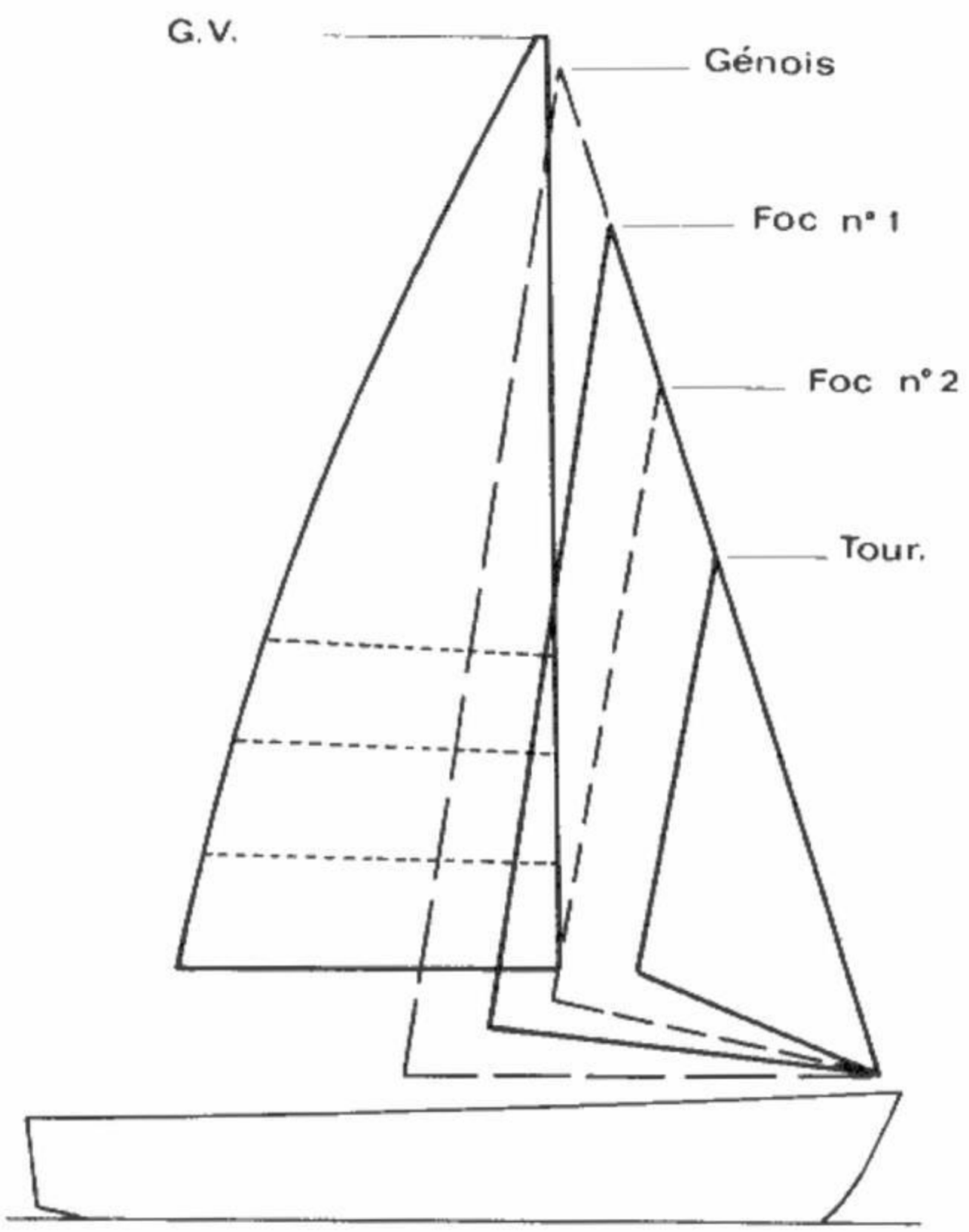


Figure 1-3 — *Voilier de croisière côtière.*
Base : Grand-voile, 13 m². Foc n° 1, 11 m². Tourmentin, 3,50 m².
Option : Génois de poids moyen, 16,50 m². Foc n° 2, 6 m².

cela est insuffisant dès que l'on veut pratiquer une navigation normale. Peu de chose à dire en ce qui concerne la grand-voile si ce n'est comme toujours, qu'elle comporte un nombre de bandes de ris

suffisant, soit trois correspondant à des réductions de surface de 25, 45 et 60 % par exemple.

Le foc fourni sera généralement un foc n° 1, c'est-à-dire que sa surface sera sensiblement égale à celle du triangle avant (triangle délimité par l'étai, le mât et le pont). Si la région que vous fréquentez comporte une majorité de vents faibles et moyens, jusqu'à force 2 environ, un génois dont la surface sera d'environ 50 % supérieure au foc normal devra être envisagé. Son point d'écoute ne sera pas trop bas afin de ne pas trop gêner la visibilité du barreur et de pouvoir être plus facilement utilisé aux allures portantes. Il vous sera particulièrement utile pour les allures du près, au largue et par vent arrière si vous disposez d'un tangon correspondant à sa taille (tangon télescopique). Le bateau sera ainsi mieux équilibré et cela vous dispensera de l'achat d'un spinnaker dont l'utilisation sur un petit bateau est toujours plus ou moins délicate. Si l'on doit rencontrer une part importante de vents portants (entre 50 et 180° de vent apparent) on préférera au spinnaker classique une voile intermédiaire, sorte de spinnaker relativement plat et dissymétrique, le spinnaker de croisière baptisé, flasher, cruising chute, MP-S, etc., selon l'inspiration du voilier. Envoyée en l'air ou équipée de mousquetons ou d'une ralingue pour profilé d'étai elle est amurée à l'étrave, ou sur un tangon, orientée comme un foc ou en ciseaux.

Si l'on considère que le bateau est normalement équilibré sous grand-voile et génois par vent faible, on retrouvera un équilibre correct au fur et à mesure que le vent forcera avec 1 ris dans la grand-voile puis le foc n° 1, avec 2 ris et un foc n° 2 égal aux 2/3 du n° 1, enfin avec 3 ris et un tourmentin égal au 1/3 du foc n° 1. On pourra supprimer le n° 2 si le n° 1 est pourvu d'une bande de ris.

Ces combinaisons de voiles, leurs chevauchements et les forces de vent auxquelles elles correspondent n'ont rien d'absolu et dépendent forcément de la taille du bateau, de son poids, de la proportion entre les surfaces du triangle avant et de la grand-voile, ainsi que de la navigation que vous pratiquez réellement.

Si l'on dispose d'un budget limité on pourra hésiter entre le foc n° 2 et le tourmentin. La prudence dicterait plutôt l'achat du second, mais les conditions locales peuvent faire que le premier soit suffisant, sinon il est toujours possible de s'en tenir à une moyenne ou de prévoir un ris dans le foc n° 2.

De toute façon, sauf si vous participez à des régates régulièrement, ou si vous désirez acquérir un entraînement particulier avant le passage sur une unité de catégorie supérieure, l'achat d'un spinnaker ne se justifie pas. Vous pourrez toujours si le vent et

l'allure le réclament utiliser le génois et le foc nº 1 en ciseaux, le premier sur tangon.

Voilier de croisière

Le jeu devient plus sérieux et il faut être paré à toute éventualité. De plus, les voyages, plus longs dans le temps et en distance, imposeront le respect plus strict d'un programme et impliqueront par conséquent la nécessité de naviguer dans des conditions plus dures, sans, bien sûr, que la sécurité soit en quelque façon mise en cause, alors même que la capacité de l'équipage est réduite.

Pour un *sloop (fig. 1-4)*, le jeu des 4 voiles d'avant est donc un minimum auquel il pourra être utile d'adjoindre, entre le génois et

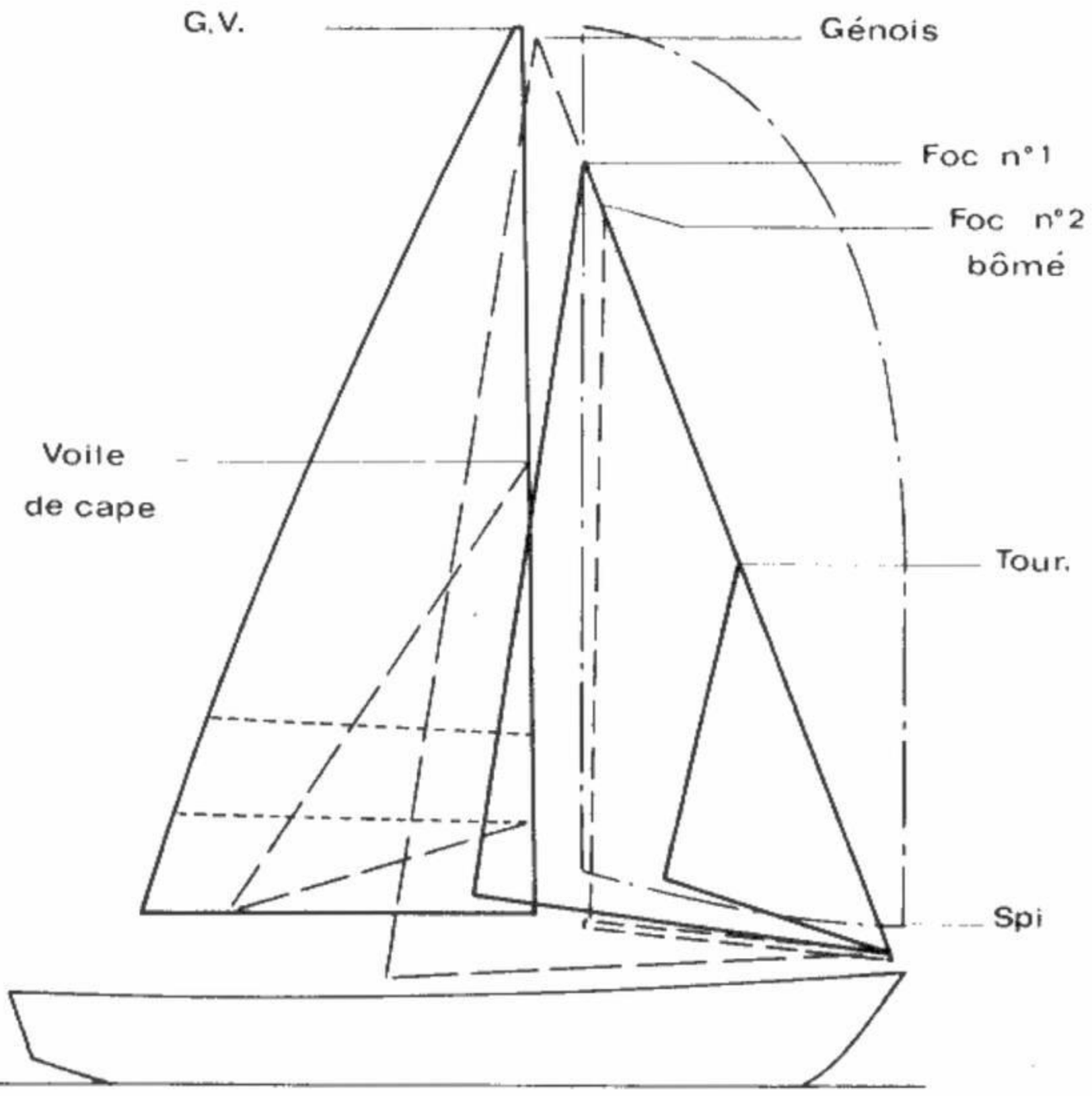


Figure 1-4 — *Sloop de croisière.*
Base : Grand-voile, 22 m². Foc nº 1, 20 m². Voile de cape, 7 m².
Foc nº 2 bômé, 13,50 m². Génois de poids moyen, 30 m². Tourmentin, 5 m².
Option : Spinnaker, 60 m² ou asymétrique 40 m².

le foc nº 1, un intermédiaire de poids égal à ce dernier, quitte à réduire un peu les surfaces initialement prévues. Le génois le plus léger aura un point d'écoute relevé.

Il sera extrêmement intéressant d'équiper le foc nº 1 ou 2, suivant le cas, d'une bôme qui se révèlera très agréable pour le louvoyage dans les chenaux et les entrées de port et d'une bande de ris.

Il sera également indispensable de se munir d'une petite grand-voile, voile de cape ou suédoise, de surface inférieure à la grand-voile arisée au maximum et de coupe particulière. Nous en reparlerons au chapitre III.

Le ou les spinnakers, suivant la durée et la longueur du voyage, présenteront un intérêt certain en permettant d'abréger quelque

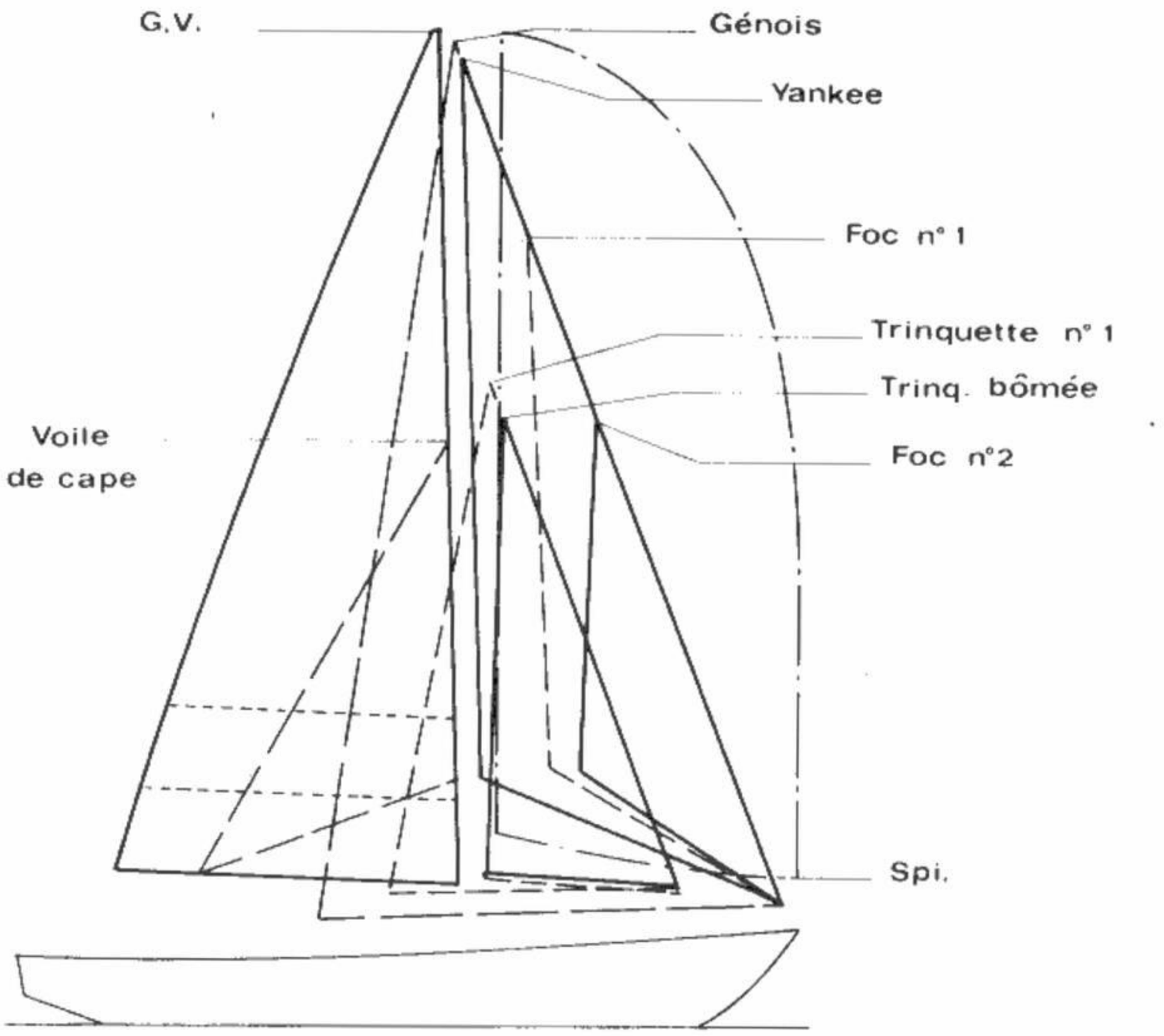


Figure 1-5 — *Cotre de croisière.*

Base :	Grand-voile	22 m²	Foc nº 1	9	m²
	Voile de cape	7 m²	Foc nº 2	5,50	m²
	Génois léger	30 m²	Trinquette nº 1	11	m²
	Yankee	17 m²	Trinquette bômée	6	m²

Option : Spinnaker, 60 m² ou asymétrique 40 m².

peu les longs bords fastidieux de vent arrière que l'on peut être amené à rencontrer. Mais attention, cette voile demande une attention particulière du barreur et par conséquent des quarts plus courts et un équipage plus qualifié que celui dont on dispose généralement en croisière. On choisira un spinnaker pas trop large d'épaules et assez plat en Nylon de 34 g/m², avec une coupe radiale. Le second spinnaker (s'il y a lieu) sera un starcut en 65 g/m² pouvant être utilisé au largue ou par vent fort. Cependant un seul spinnaker de croisière peut représenter une solution économique et plus universelle puisque utilisable du grand largue au vent arrière.

Des voiles d'avant jumelées, sur tangons, seront d'un usage plus commode pour de longues traversées.

Le booster de Ancel de Vries, constitué de deux spinnakers de croisière assemblés sur leur guindant, permet de combiner ces deux dernières solutions. Au largue les deux voiles sont plaquées l'une sur l'autre, alors qu'au vent arrière elles se développent en ciseau.

Elles doivent être spécialement renforcées si l'on envisage des traversées assez longues comme l'Atlantique par la route des alizés.

A partir d'une certaine taille, 10 tonnes maximum et moins dans les mers très ventées, le voilier de croisière ne sera plus gréé en sloop afin que la surface unitaire des voiles soit plus réduite, les rendant ainsi plus maniables.

Le gréement de cotre *(fig. 1-5)* est certainement le mieux adapté à la croisière en équipage réduit. Il offre exactement les mêmes possibilités que le sloop par petit temps en utilisant le même génois léger avec point d'écoute assez relevé. Dès que le vent forcera on appréciera alors la division des voiles d'avant qui permettra des réductions rapides et progressives en conservant un bateau vivant et mieux équilibré pendant les manœuvres.

Le génois léger pourra être monté sur enrouleur à profilé à gorges où il sera facilement remplacé par un génois plus lourd lequel, une fois enroulé, ne laissera pas l'avant sans voile si, au préalable, on a envoyé la trinquette.

Le foc n° 1 du sloop sera remplacé par un yankee. On pourra éviter le foc n° 2 en équipant ce yankee d'une bande de ris réduisant sa surface de 40 % environ.

Pour que les trinquettes soient efficaces leur étai doit aboutir au moins aux deux tiers de la hauteur du mât. Une bôme retenue par une écoute fixée sur un chariot sur rail ou par une double écoute évitera toute manœuvre lors des virements de bord. Cette trinquette sera également munie d'une bande de ris.

Le réglage du cotre est relativement délicat au près serré (mais

alors on n'aura généralement pas besoin de la trinquette), en revanche le rendement devient excellent dès que l'on peut abattre de quelques degrés. Aux allures portantes on remplacera la trinquette bômée par une de plus grande surface et plus légère.

Pour les longs bords de vent arrière dans les alizés on prévoira deux trinquettes qui, cette fois ne seront pas endraillées sur l'étai de trinquette mais envoyées « en l'air » sur la drisse de foc afin de pouvoir monter presque en tête de mât. Leur étarquage sera réglé par deux palans d'amure frappés sur la ferrure de l'étai de trinquette. Leur point d'écoute sera placé suffisamment haut pour que leurs tangons ne puissent engager au roulis.

Pour ce gréement typiquement croisière tous les points d'écoute des voiles d'avant seront suffisamment relevés pour dégager la vue du barreur, éviter le ragage sur les filières et permettre aux paquets de mer passant sur l'étrave de s'échapper facilement sous la bordure.

Le tourmentin du cotre s'envoie sur l'étai de trinquette où il équilibre beaucoup mieux le bateau ; la cape est souvent excellente sous cette configuration.

Les réductions de voilure au près s'effectuent généralement dans l'ordre suivant :

— grand-voile et génois ;
— grand-voile et génois n° 2 ;
— grand-voile à un ris, trinquette et yankee ;
— grand-voile à deux ris, trinquette et yankee à un ris ;
— grand-voile à trois ris, trinquette à un ris et yankee à un ris ;
— grand voile à trois ris et trinquette à un ris ;
— voile de cape et tourmentin ;

avec toutes les combinaisons intermédiaires possibles selon le bateau et les circonstances.

Le jeu de voiles d'avant du *ketch (fig. 1-6)* ne comprendra généralement que 4 voiles, 6 sur les plus gros comportant un étai de trinquette. L'artimon devra, bien sûr, être muni de bandes de ris et la réduction de voilure se fera en jouant sur les trois panneaux de la voilure suivant l'ordre représenté sur la *figure 1-7*.

Les multiples réductions de voilure du ketch permettant d'obtenir constamment le meilleur équilibre sous voile rendent ce gréement particulièrement agréable pour la croisière.

Il faut cependant se méfier des combinaisons foc et artimon sans grand-voile. La stabilité de route du bateau est alors si grande qu'il peut refuser de loffer à la risée.

Cette combinaison ne devra donc être utilisée qu'avec un vent parfaitement établi et à une certaine distance de la terre.

Aux allures portantes, l'écoute de foc sera avantageusement

passée sur l'extrémité de la bôme de grand-voile afin que le point de tire soit débordé au maximum. Ce foc devra être coupé pour cela avec un point d'écoute assez haut.

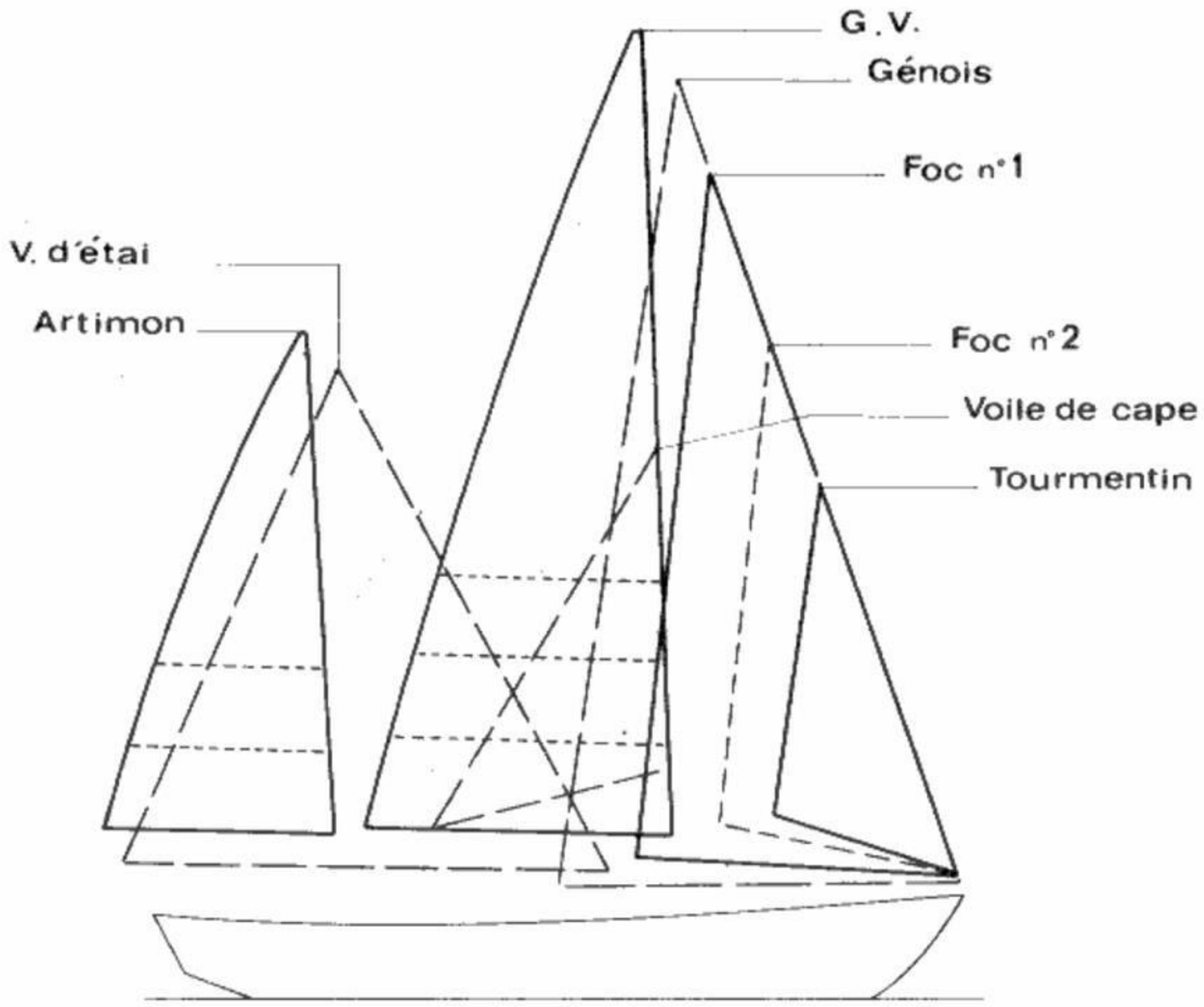


Figure 1-6 — *Ketch de croisière.*

Base : Grand-voile	20 m²	Foc n° 1	13,50 m²
Voile de cape	7 m²	Foc n° 2	9 m²
Artimon	10 m²	Tourmentin	4,50 m²
Génois	24 m²		

Option : Voile d'étai, 18 m².

Une voile d'étai d'artimon fournira un appoint de surface très appréciable. Le retour de la drisse, pourvue d'une butée en tête, fera office de bastaque.

Par vent arrière, génois tangonné, grand-voile et artimon ou voile d'étai en ciseaux dispenseront facilement du spinnaker.

Le gréement de *yawl*, bien que toujours en faveur aux U.S.A. où il a connu son plus grand développement, n'a jamais obtenu un grand succès en Europe. Sa composition n'est guère différente de celui du ketch.

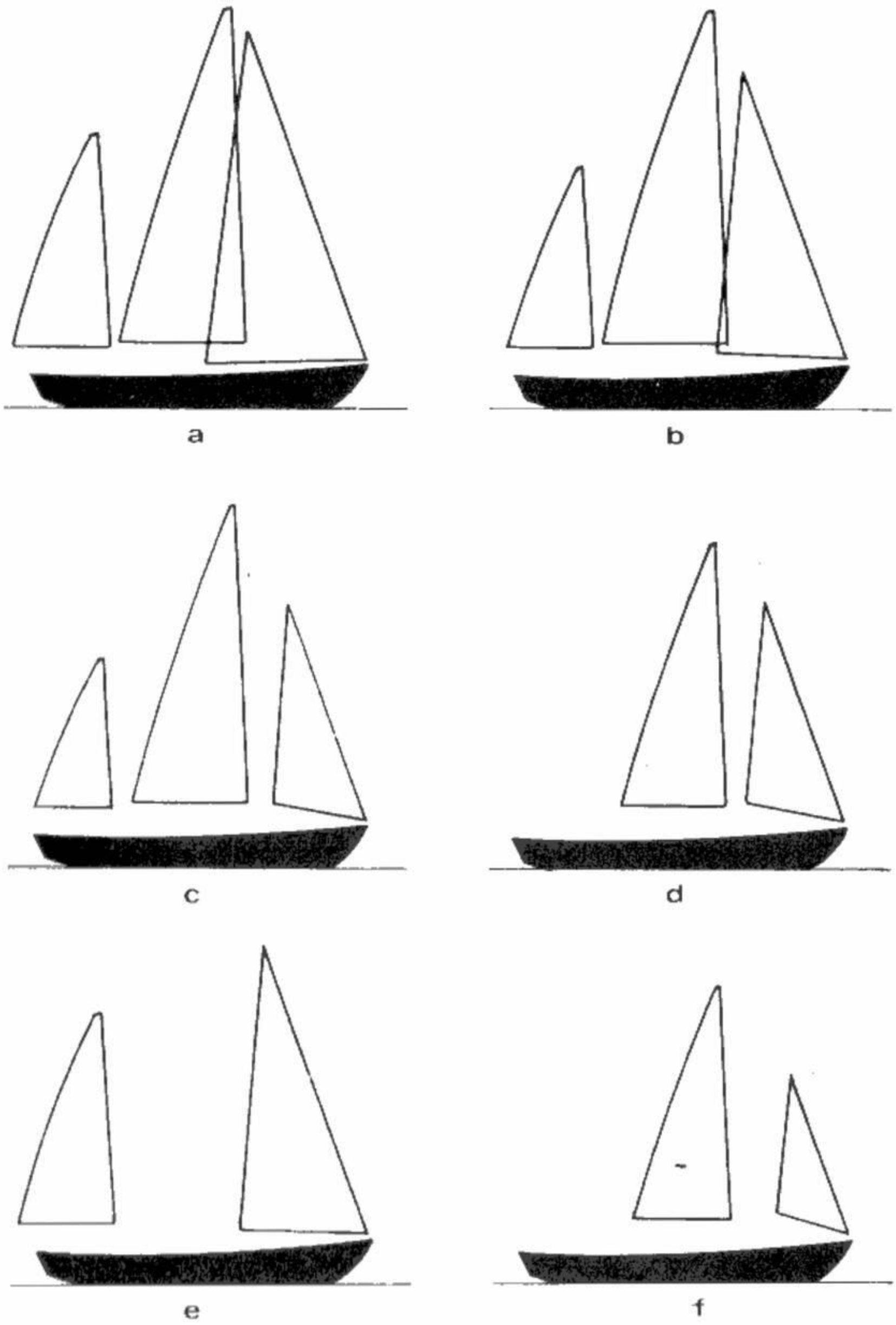


Figure 1-7 — *Réduction de voilure du ketch.*

a	— G.V. Génois. Artimon	54 m²
b	— G.V. Foc n° 1. Artimon 1 ris	41,50 m²
c	— G.V. 1 ris. Foc n° 2. Artimon 2 ris	31,50 m²
d	— G.V. 2 ris. Foc n° 2	22 m²
e	— Foc n° 1. Artimon	23,50 m²
f	— G.V. 2 ris. Tourmentin	17,50 m²

Avec les succès de *Grand Louis* et de *Pen Duick III*, le gréement de *goélette* américaine, ou ses dérivés comme la goélette à wishbone, a retrouvé une certaine faveur (*fig. 1-8*). C'est un gréement qui offre de multiples possibilités de réglage comme en témoigne la *figure 1-9*, un peu trop peut-être pour être facilement maîtrisé. Par ailleurs le réglage correct, au près, du recouvrement des cinq voiles successives, génois, trinquette, fisherman, voile d'étai et grand-voile n'est pas des plus aisés et ne permet guère de serrer le vent à moins de 35° du vent apparent. Enfin comme le démontre la garde-robe de *Grand Louis* on ne peut dire que c'est un gréement économique * (*Fig. 1-8*).

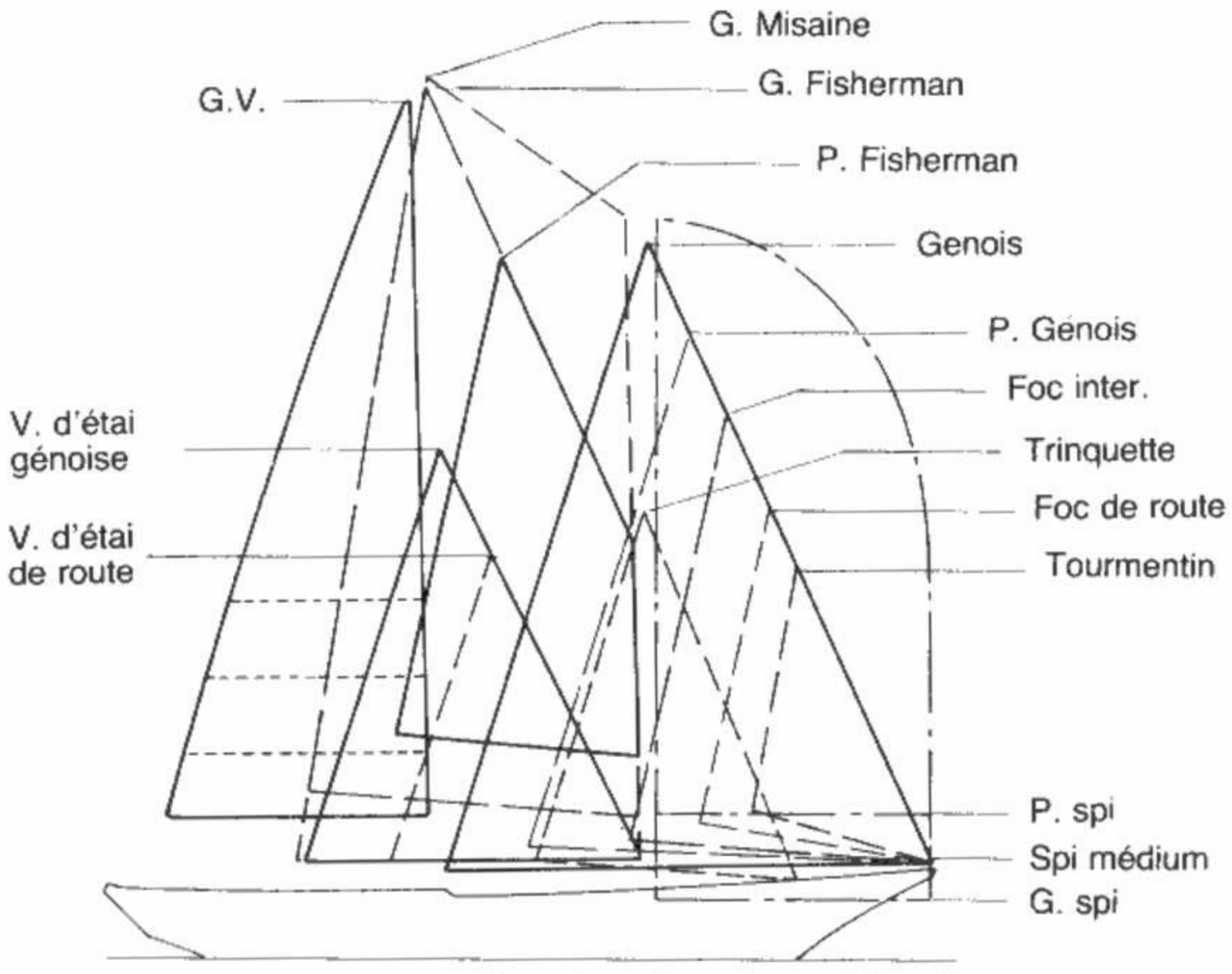


Figure 1-8. — *Voilure de goélette* (Grand Louis).

Voilier de compétition

Dériveur ou quillard, le problème de la surface se réduit pour lui à sa plus simple expression. La grand-voile et le foc seront aux dimensions maximums permises par le règlement de la série.

Même si le choix du voilier n'est pas imposé par ce même règlement, quelques-uns seulement sont spécialisés dans la série

---

* Voir *La course du Grand Louis*, A. VIANT et CARPENTIER. Flammarion.

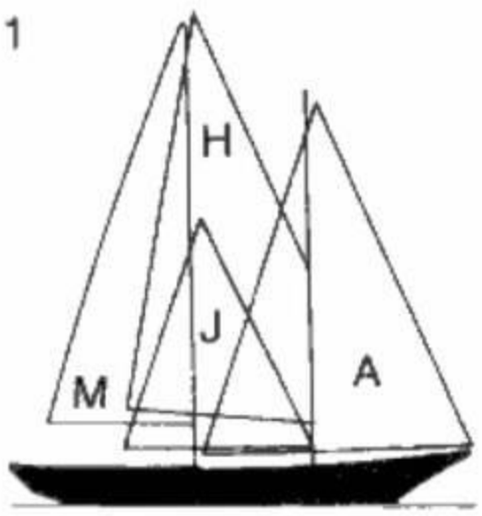
FORCE

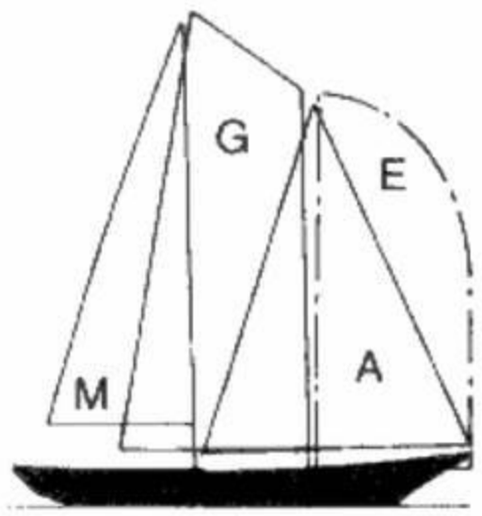
ALLURE

Près

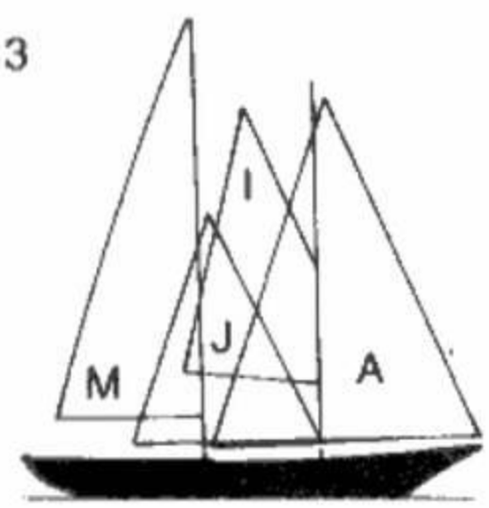
Portant

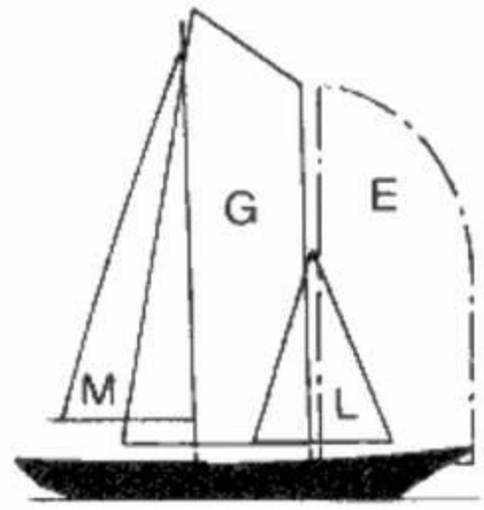
1



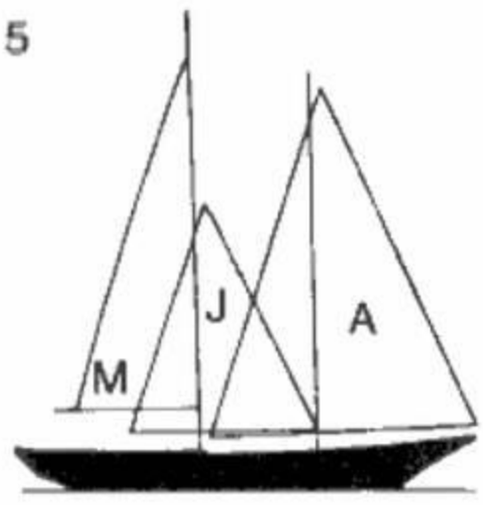


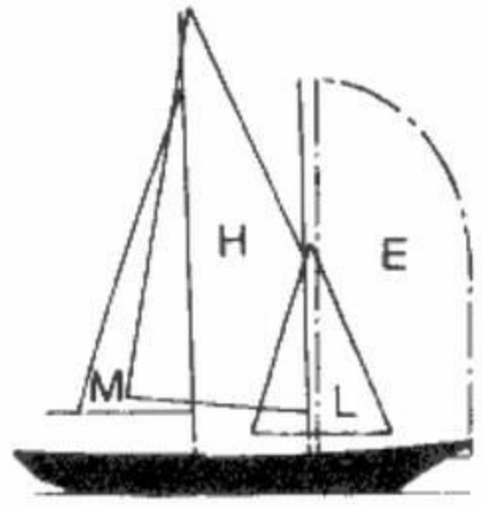
3



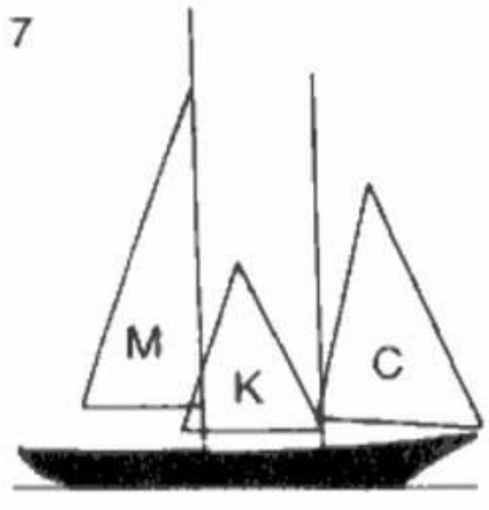


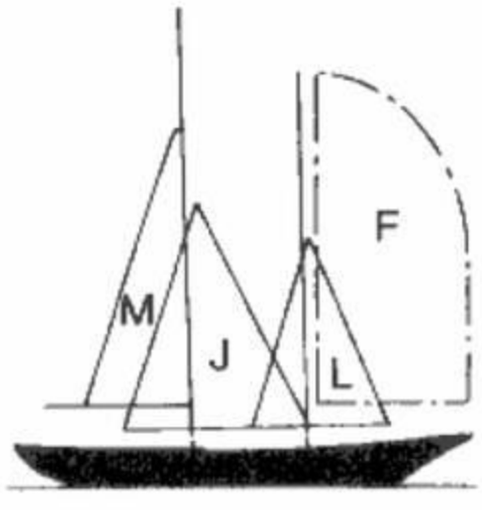
5



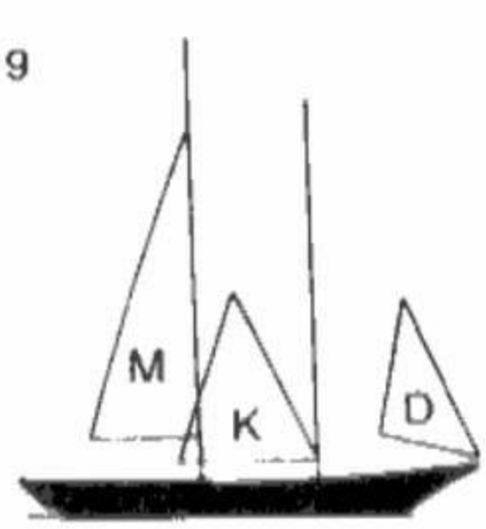


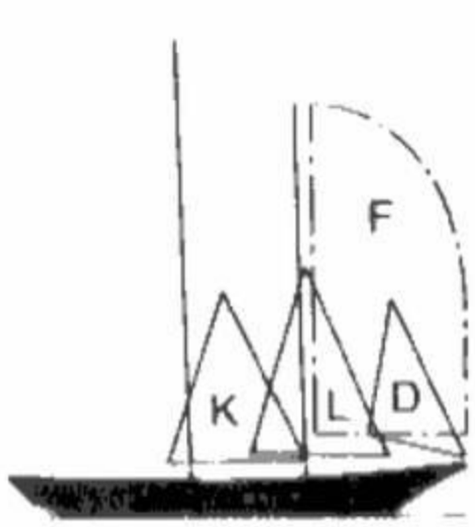
7





9





	VOILES	SURFACE
	VOILES D'AVANT	
A	Génois léger	90
A	Grand génois	80
B	Petit génois	60
C	Foc de route	25
D	Tourmentin	15
	SPINNAKERS	
E	Floater	185
E	Spi léger	185
E	Grand spi	180
E	Médium	150
F	Petit spi	130
	VOILES ENTRE MATS	
	HAUTES	
G	Grande misaine	95
H	Grand fisherman	70
I	Petit fisherman	35
	BASSES	
J	Voile d'étai génoise	30
K	Voile d'étai de route	20
	GRAND-MAT	
M	Grand-voile	45

Figure 19. *Différentes réductions de la voilure de* Grand Louis *en fonction de la force du vent et de l'allure.*

qui vous intéresse et se partagent les faveurs des champions. C'est au cours des épreuves auxquelles vous participerez que vous apprendrez à les connaître et que vous vous tiendrez au courant de l'évolution des coupes, de la qualité des tissus employés, des détails d'accastillage.

Vous serez rapidement amené à posséder plusieurs jeux de voiles, parfois dans des poids de tissus différents suivant les forces de vent.

Il faudra étudier le comportement relatif des grand-voiles et des focs l'un par rapport à l'autre, afin d'obtenir les meilleures combinaisons et ne pas oublier qu'il faudra procéder à des retouches successives avant d'obtenir un résultat optimum. Plutôt que d'avoir un grand nombre de voiles dont on connaît mal la valeur, il est préférable de n'en avoir que quelques-unes, parfaitement mises au point. Lors des épreuves de la coupe de l'America en 1962, *Gretel* ne possédait pas moins de 82 voiles différentes, dont certaines n'étaient jamais sorties de leur sac, alors que *Weatherly* n'en avait qu'une quinzaine, toutes parfaitement testées et modifiées jusqu'à l'obtention du résultat optimum.

Il ne faut pas non plus être atteint du complexe de la « voile qui marche » et que l'on use jusqu'à la corde. Il faut toujours avoir en réserve un jeu neuf que l'on essaie à l'occasion de régates secondaires. Ainsi sera évitée une surprise désagréable, souvent déprimante, lorsque « la voile qui marchait » devra, un jour, être reléguée au rang de voile de secours.

Il est extrêmement rare en compétition de réduire la voilure. Ce ne serait pourtant pas une mauvaise chose, dans certains cas, pour le rendement global du bateau. Si l'on envisage une possible réduction, celle-ci se fera généralement d'abord sur la grand-voile, dans la mesure où le bateau reste équilibré. Le rendement supérieur du foc, la position plus basse de son centre de poussée justifient à eux seuls cette méthode. Malheureusement, il est souvent, sur ces bateaux, plus facile et plus rapide de changer de foc, d'où la nécessité de prévoir un foc inférieur.

Précaution qu'il semble superflue d'indiquer, on réservera toujours pour les vents forts les voiles anciennes, retouchées au besoin pour cette utilisation.

Il sera également nécessaire de disposer de plusieurs spinnakers, au moins deux de surfaces et de poids différents coupés pour le vent arrière plus un coupé pour le largue.

On voit quel investissement important représente la voilure dans le budget total d'un bateau de compétition. Elle mérite donc un choix judicieux et un soin constant.

Voilier de course au large

Depuis 1977, l'O.R.C. (Offshore Rating Council) qui régit la course au large au niveau international a défini des restrictions dans le nombre des voiles pouvant être embarquées. Au niveau des grand-voiles le nombre est le même pour tous les ratings (une grand-voile plus éventuellement une voile de réserve et une voile de cape). Il n'en est pas de même pour les voiles d'avant et les spinnakers et cela a conduit à voir réapparaître des focs à bande de ris.

Cette disposition favorise également les gréements à triangle avant réduit (7/8 ou autres) qui, partant d'une surface maximum plus faible, nécessitent au moins une voile intermédiaire de moins.

D'autre part, le mât souple permettant une adaptation automatique à la force du vent réduit les changements de voiles d'avant dont les écarts de surface peuvent alors être relativement plus importants.

Les combinaisons possibles peuvent malgré tout être assez variées et le tableau 1-I en donne quelques exemples.

En plus d'un tourmentin (dont la surface ne sera pas supérieure à 0,05 I^2 et le guindant pas plus long que 0,65 I) et d'un foc dont le tissu doit avoir un poids supérieur à celui de la grand-voile, dont la surface ne doit pas être supérieure à $0{,}25 \times LP \times \sqrt{(I^2 + J^2)}$ et qui ne doit pas être équipé d'une bande de ris, on pourra disposer des voiles d'avant prévues dans le tableau I-I.

De plus les yawls ou ketches peuvent avoir 3 voiles d'étai pour les moins de 52 pieds (15,85 m) et 4 pour les plus de 52 pieds.

Il est bien certain que ces exemples ne sont qu'indicatifs et que selon la qualité du tissu, la stabilité du voilier, l'importance relative de la grand-voile et du triangle avant, ces valeurs peuvent évoluer.

Par suite de la spécialisation plus grande résultant des restrictions il existe une combinaison optimum de voiles d'avant pratiquement pour chaque allure et chaque force de vent, ce qui implique une étude de plus en plus précise de la garde-robe des voiliers de course au large ; garde-robe dans laquelle la grand-voile, qui a vu sa surface relative de plus en plus réduite, semble parfois jouer un rôle presque secondaire dans le cas des gréements en tête.

Nous allons donc essayer d'envisager quelle est la combinaison la plus favorable aux différentes allures et dans l'absolu, c'est-à-dire sans tenir compte des restrictions actuelles sur le nombre des voiles.

Le près

Deux solutions ici sont possibles. La première (*fig. 1-10*) se révèlera généralement plus favorable jusqu'à 6 ou 8 nœuds de vent apparent. A ces vitesses l'écoulement est relativement régulier, les efforts sur les voiles étant plus faibles celles-ci se déforment peu et il y a moins de risques d'interférences néfastes, enfin on cherchera alors moins à serrer le vent au maximum qu'à conserver de la vitesse.

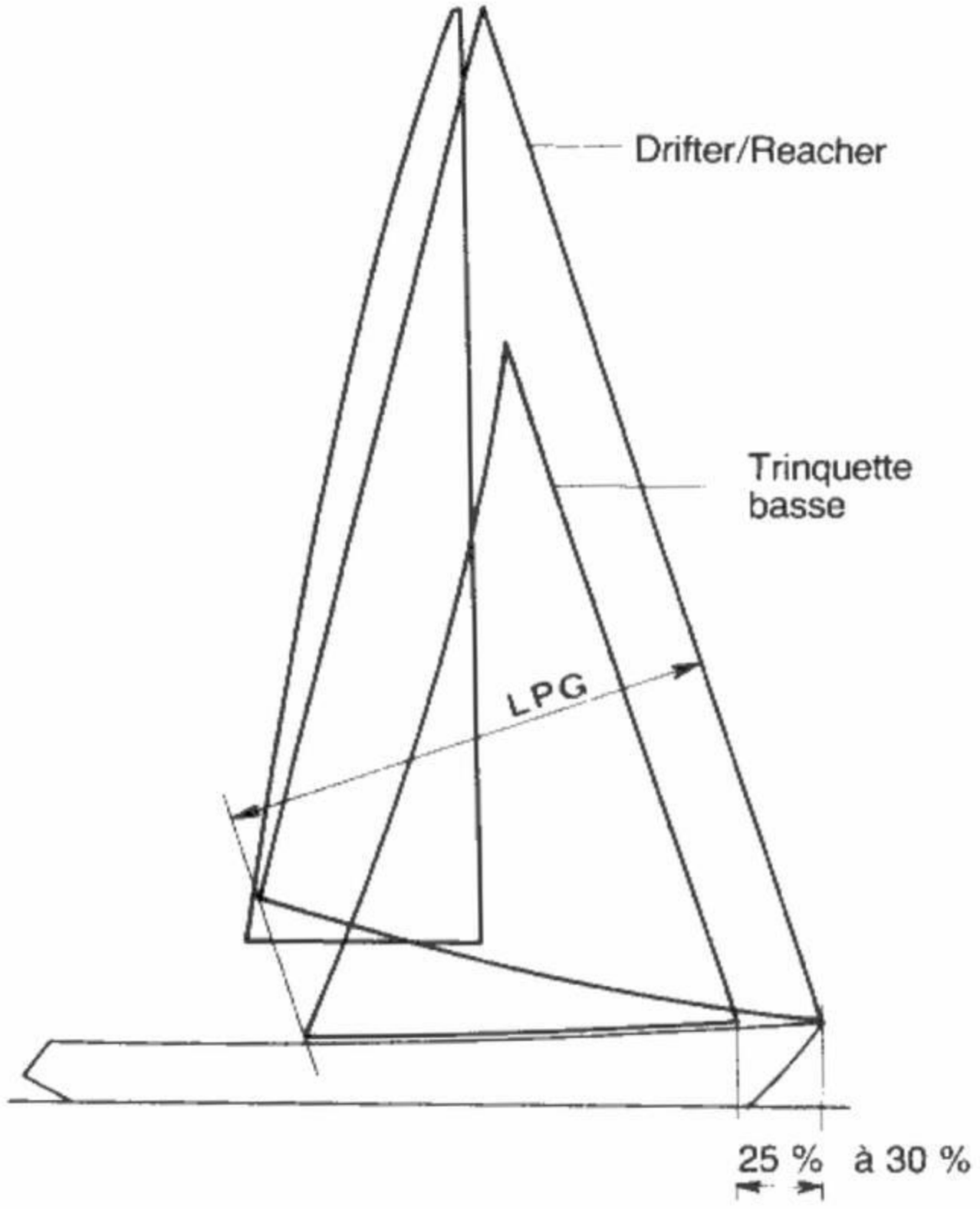


Figure 1-10. — *Combinaison de drifter et de trinquette basse pour le près par vent faible.*

Le foc très léger, drifter ou reacher, de surface maximum a un point d'écoute placé haut, un rond de bordure très important et vient se border à l'angle du tableau arrière. Il s'adapte particulièrement bien aux voiliers à petit triangle avant et élancement arrière long et large. Jusqu'à 25 m² environ il n'est pas équipé de mousqueton et est envoyé « en l'air » ce qui offre l'avantage de pouvoir le remplacer rapidement par un génois normal.

TABLEAU 1-I

OPTIONS DE VOILES D'AVANT POUR LA JAUGE IOR

CLASSE	QTE	FOCS	QTE	SPINNAKERS
Miniton 16,1'	3	1) Génois léger/drifter/reacher, S = maxi, 90 g/m² avec point d'écoute relevé. 2) Génois médium, S = maxi, 190 g/m², guindant maxi. 3) Génois lourd, S = 80 %, 230 g/m², guindant maxi, avec bande de ris.	1	Triradial, 35 g/m²
16,1' à 19,4' 1/4 ton 18,5'	5	1) Génois léger, S = maxi, 170 g/m² 2) Génois médium, S = 85 %, guindant maxi, 230 g/m², éventuellement avec un ris. 3) Génois inter, S = 75 %, 290 g/m² avec 1 ou 2 ris. 4) Drifter/reacher, S = maxi, 95 g/m² avec point d'écoute relevé. 5) Big-boy en Nylon 25 g/m² ou voile d'étai 125 g/m²	3	1) Radial, 25 g/m² 2) Triradial, 35 g/m² 3) Triradial, ou starcut, 1/2 largeur à la limite des 75 %, 65 g/m² pour largue et vent arrière.
19,5' à 28,9' 1/2 ton 22' 3/4 ton 24,5'	6	1) Génois léger, S = maxi, 170 g/m² 2) Génois lourd, S = maxi à 85 %, 275 g/m² avec un ris. 3) Génois inter, S = 75 %, 340 g/m² avec 1 ou 2 ris. 4) Drifter/reacher, S = maxi, 135 g/m² avec point d'écoute relevé. 5) Trinquette, S = 65 %, 175 g/m², pour être utilisée avec les spinnakers et une bande de ris pour être utilisée avec le génois léger. 6) Big-boy en Nylon 25 g/m²	4	1) Radial, 25 g/m² 2) Triradial, 35 g/m² 3) Triradial, 65 g/m² 4) Starcut, surface réduite à 80 %, 65 g/m² pour largue et vent arrière. Pour les 19,5' à 22,9' qui n'ont droit qu'à 3 spinnakers il faudra choisir entre le 3 et le 4.
29' à 36' 1 ton 27,5' 2 ton 32'	7	1) Génois léger, S = maxi, 200 g/m² 2) Génois médium, S = maxi, 295 g/m² 3) Génois lourd, S = 85 %, 295 g/m², guindant maxi avec 1 ris 4) Génois inter, S = 75 %, 340 g/m², 1 ou 2 bandes de ris. 5) Drifter/reacher, S = maxi, 90 g/m² avec point d'écoute relevé. 6) Trinquette, S = 65 %, 150 à 170 g/m² pour être utilisée avec les spinnakers et une bande de ris pour être utilisée avec le drifter/reacher. 7) Big-boy Nylon 25 à 34 g/m²	5	1) Triradial, 25 g/m² 2) Radial, 35 g/m² pour vent arrière. 3) Triradial, 35 g/m², tous usages. 4) Starcut, 65 g/m² 5) Triradial, 65 g/m², surface réduite.

36,1' à 43'	8	1) Génois léger, S = maxi, 200 g/m² 2) Génois médium, S = maxi, 295 g/m² 3) Génois lourd, S = 85 %, 340 g/m², guindant maxi avec 1 ris. 4) Génois lourd, S = 75 %, 340 g/m², 1 ou 2 bandes de ris. 5) Drifter, S = maxi, polyester 90 g/m² ou Dynac de 34 g/m² 6) Reacher, S = maxi, 115 g/m² avec point d'écouté relevé. 7) Trinquette, S = 65 %, 150 à 170 g/m², pour être utilisée avec les spinnakers et une bande de ris pour être utilisée avec le reacher. 8) Big-boy, Nylon 25 à 34 g/m²	6	1) Triradial, 25 g/m² 2) Radial, 35 g/m², pour vent arrière. 3) Triradial, 35 g/m², tous usages. 4) Starcut, 65 g/m², pour le largue. 5) Starcut, 65 g/m², 1/2 largeur réduite à 75 % et guindant à 80 %. 6) Triradial, 115 g/m², surface réduite.
43,1' à 51,9'	9	1) Génois léger, S = maxi, 200 g/m² 2) Génois médium, S = maxi, 295 g/m² 3) Génois lourd, S = 85 %, 340 g/m², guindant maxi. 4) Génois inter, S = 75 %, 340 g/m², 1 bande de ris. 5) Drifter, S = maxi, polyester 90 g/m² ou Dynac de 34 g/m² 6) Reacher, S = maxi, 125 g/m² avec point d'écoute relevé. 7) Trinquette, S = 65 %, 150 à 170 g/m² pour être utilisée avec les spinnakers et une bande de ris pour être utilisée avec le reacher. 8) Big-boy léger, 64 g/m² 9) Big-boy lourd, 95 g/m²	6	*Idem*
52' à 62'	10	1) Génois léger, S = maxi, 295 g/m² 2) Génois médium, S = maxi, 340 g/m² 3) Génois lourd, S = 85 %, 450 g/m² 4) Génois inter, S = 70 %, 450 g/m², 1 bande de ris. 5) Drifter, S = maxi, 95 g/m² 6) Reacher, S = maxi, 175 g/m², point d'écoute relevé. 7) Trinquette de spi, S = 60 %, 175 g/m² 8) Tall-boy, S = 30 %, 95 g/m² 9) Big-boy léger, 64 g/m² 10) Big-boy lourd, 95 g/m²	6	*Idem*
62,1' et plus	11	*Idem* 11) Reacher de brise, S = 75 %, 350 g/m²	6	*Idem*

La drisse de la trinquette qui lui est associée dès qu'on peut choquer un peu les écoutes (vers 35° du vent apparent) monte aux 3/4 du mât environ et le point d'écoute, au ras du pont, vient à la limite arrière des voiles d'avant. Sa surface est égale à environ 60% de celle du génois. Le point d'écoute bas permet de maintenir fermé l'espace entre le drifter et le pont et de conserver l'avantage que l'on a normalement avec un génois au ras du pont. L'écoute est bordée à l'intérieur des haubans ou entre les haubans et galhaubans et la chute doit parer les barres de flèche. Cela pourra parfois nécessiter l'adoption d'un gréement à deux étages de barres de flèche pour bénéficier d'un empattement moins large des haubans. Le point d'amure est à environ 25 % de J en arrière de celui du drifter.

La surface totale des deux voiles de ce *double head rig* apporte, par rapport à un génois seul dont LP = 150 % de la base du

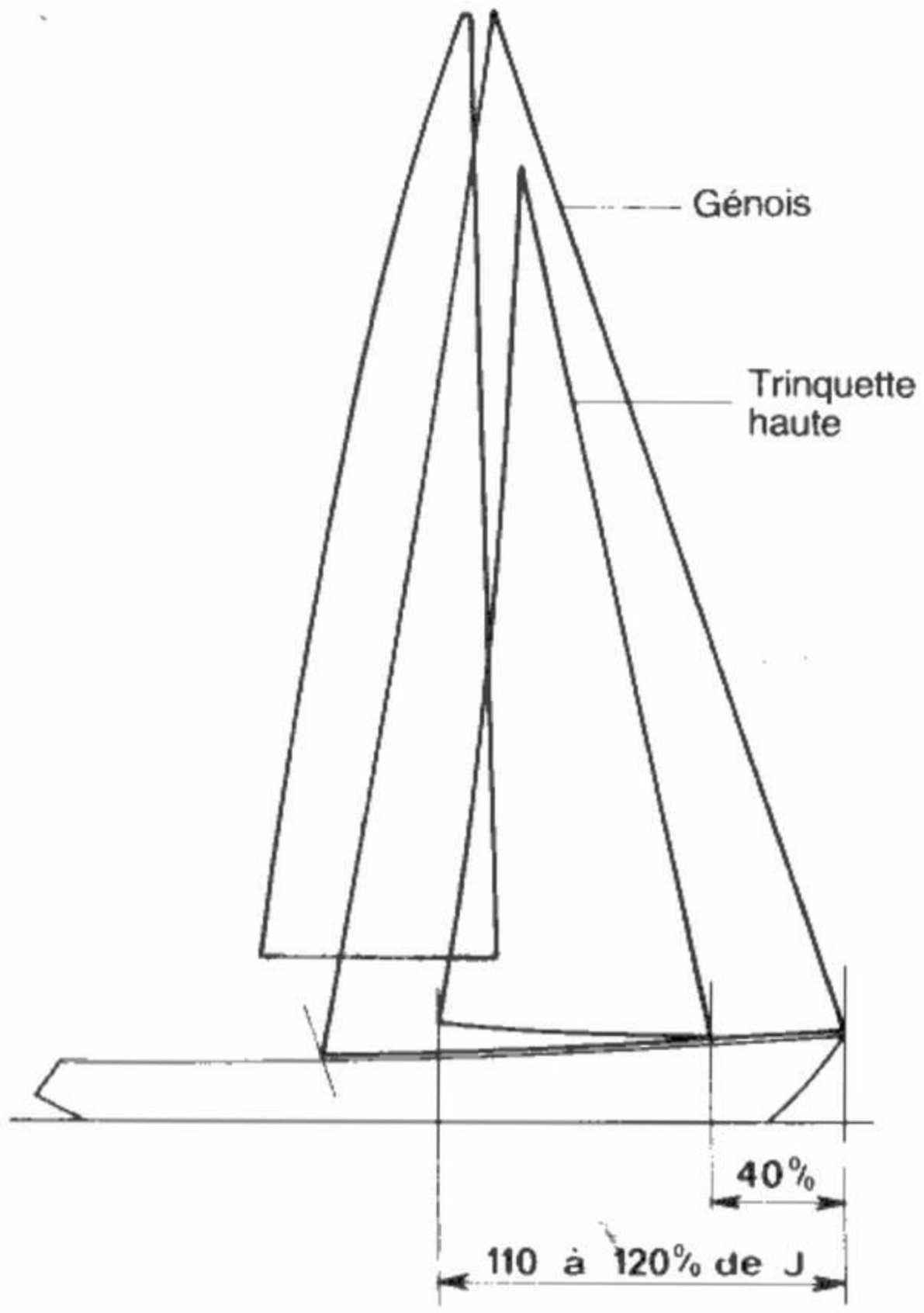


Figure 1-11. — *Génois léger et trinquette haute pour le près par vent léger.*

triangle, un gain de 50 % environ. En remplaçant un génois ayant un LP de 180 % par cette combinaison on gagne encore 35 % environ de surface et l'on élimine la surtaxe pour LP supérieur à 150 %. C'est pourquoi avant d'envisager de prendre une pénalité sur la base du triangle avant il faut toujours essayer cette combinaison.

Si le nombre de voiles est limité la trinquette sera remplacée par le foc à 110 %, éventuellement avec un ris.

Au-dessus de 6 à 8 nœuds de vent apparent, le drifter laissera place à un génois léger normal avec un point d'écoute au ras du pont. Si le génois est limité à 150 % le bateau sera généralement encore sous-voilé. On lui adjoindra alors une trinquette beaucoup plus allongée dont la drisse viendra entre 10 % et 0 % du sommet. Le point d'amure reculera à 40 % environ de celui du génois et le point d'écoute viendra aux environs de 120 % de J (*fig. 1-11*). Cet ensemble à très grand allongement aura un excellent rendement aérodynamique mais nécessitera un réglage extrêmement précis des écoutes pour maintenir un écoulement parfait entre les voiles. Cette trinquette améliorera en particulier l'écoulement sur la grand-voile en arrière du mât en favorisant le recollement des filets d'air. Elle peut être remplacée éventuellement par le tall-boy dont nous verrons plus loin la combinaison avec le spi.

Dès que l'on atteint 35 à 40° du vent apparent on retrouve la combinaison reacher et trinquette.

Cependant il ne faut pas cacher les inconvénients qui résultent du *double head rig*, à savoir la plus grande difficulté de réaliser un réglage correct des trois voiles et le fait que le barreur n'a plus une vision aussi bonne du guindant du foc.

Lorsque le vent forcera pour atteindre progressivement la valeur correspondant au rendement optimum du bateau (20 à 25 nœuds de vent apparent) on sera amené à utiliser un génois moyen puis éventuellement lourd, de surface maximum mais de poids de plus en plus élevé.

Ensuite il faudra réduire la surface mais de préférence en réduisant bordure et chute plus que guindant (*fig. 1-12*). C'est en effet la partie avant du foc qui fournit le maximum de force propulsive. A surface égale un foc à grand allongement aura donc un meilleur rapport force propulsive/force latérale et bien que son centre de pression soit un peu plus haut il ne provoquera pas un couple de chavirement plus fort. On se trouvera ici dans la gamme des focs à 130 ou 110 % de LP dont les bandes de ris permettront d'ajuster la surface à des valeurs intermédiaires. En dessous de 100 % de LP, un foc long et étroit (baptisé « Solent-jib ») sera fort utile pour les courses entre trois bouées.

Le point d'écoute devra remonter progressivement pour ne pas avoir un rapport chute/bordure trop élevé.

Cependant lorsqu'il n'est plus possible de ne pas réduire le guindant on reviendra avantageusement au gréement du cotre avec yankee ou foc n° 2 et trinquette de surfaces sensiblement égales.

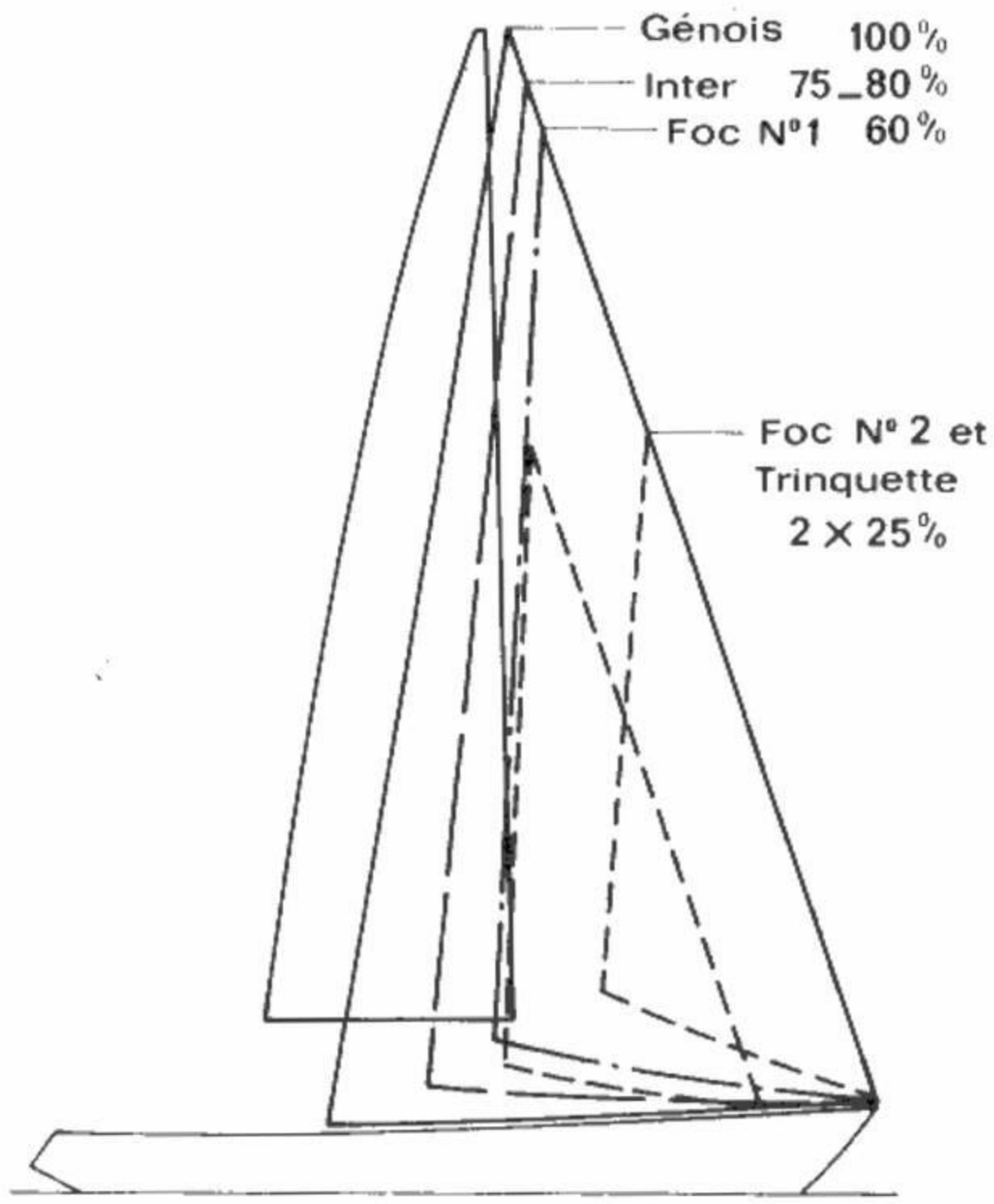


Figure 1-12. — *Progression de la réduction des voiles d'avant.*

Largue sous spinnaker

Dès que l'angle du vent apparent atteint 45 à 70° selon la force, il devient possible d'utiliser un spinnaker spécial appelé spanker. Les chutes et la bordure sont au maximum de longueur autorisée et la largeur à mi-hauteur à peine supérieure au minimum de 75 % de la bordure nécessaire pour que la voile soit considérée comme spinnaker par la jauge IOR.

Le spanker est amuré sur le tangon de spinnaker descendu le plus bas possible ce qui, s'il est plus long que la base du triangle avant peut nécessiter un balcon de forme spéciale. Le spanker offre une surface supérieure d'environ 25 % au génois, malheureusement sa

coupe est très délicate surtout dans la partie haute dont le creux a toujours tendance à reculer. De ce fait son rendement n'est pas toujours excellent surtout dès que le vent forcit à moins d'utiliser des coupes très travaillées comme les Starcuts de B. Bank.

Les opinions sont très partagées sur le choix de la voile à lui adjoindre, allant du génois au tall-boy. Personnellement, sauf peut-être lorsque le tangon est nettement plus long que la base du triangle (cas où le génois peut être envisagé) il me semble que c'est la trinquette basse que nous avons déjà utilisée avec le drifter qui soit la mieux appropriée (*fig. 1-13*).

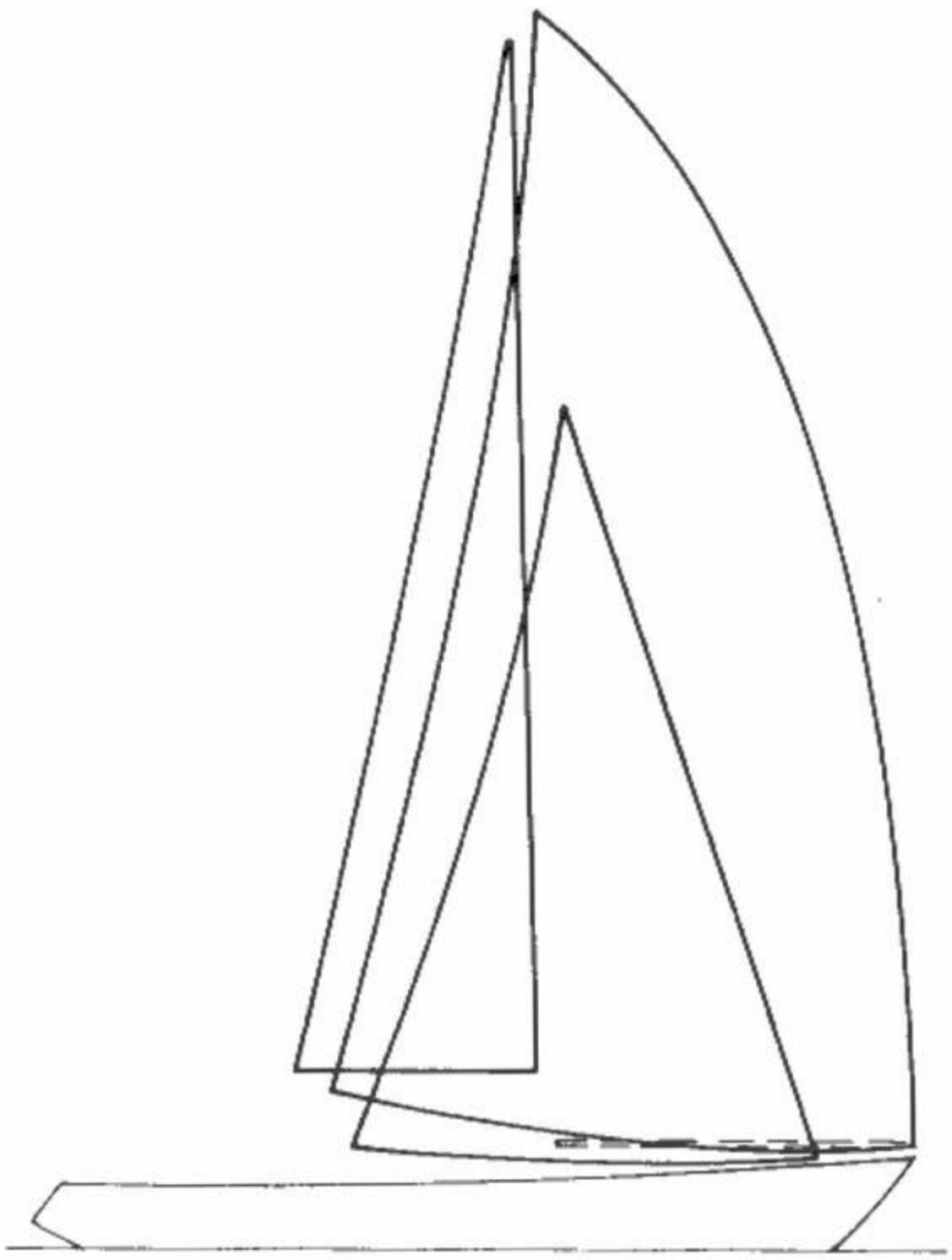


Figure 1-13. — *Spanker et trinquette basse.*

La nécessité du spanker, qui ne couvre qu'une plage étroite entre le reacher et le spinnaker de largue, est peu évidente surtout si l'on prévoit ceux-ci pour une utilisation au maximum de leurs possibilités. Par contre, en raison de sa surface plus faible et de son tissu plus fort il peut être utilisé avantageusement comme spinnaker de gros temps.

A partir de 70° de vent apparent on viendra au spinnaker de largue ou flanker (nous verrons au chapitre consacré aux spinnakers

ce qui le différencie des autres). On peut lui adjoindre un génois normal ou mieux un reacher, mais l'interférence avec le spinnaker risque d'être importante surtout au niveau de la base de celui-ci. C'est pourquoi l'idéal est de disposer d'une trinquette de même tissu que le spinnaker, dont le point d'amure vient à 20 à 50 % environ en arrière de l'étai au fur et à mesure que le vent faiblit. Le point d'écoute sera relevé comme celui d'un reacher de façon à équilibrer au mieux le rapport chute/bordure, d'où son nom de *high clew staysail* et pouvoir passer l'écoute en bout de bôme. Hissée sur la drisse de génois, cette trinquette ne montera cependant pas tout à fait en tête afin de libérer l'écoulement entre spinnaker et grand-voile, restreint à cet endroit (*fig. 1-14*). Sur un grand bateau on peut très bien ajouter encore un tall-boy servant alors essentiellement à recoller les filets d'air sur la grand-voile en arrière du mât.

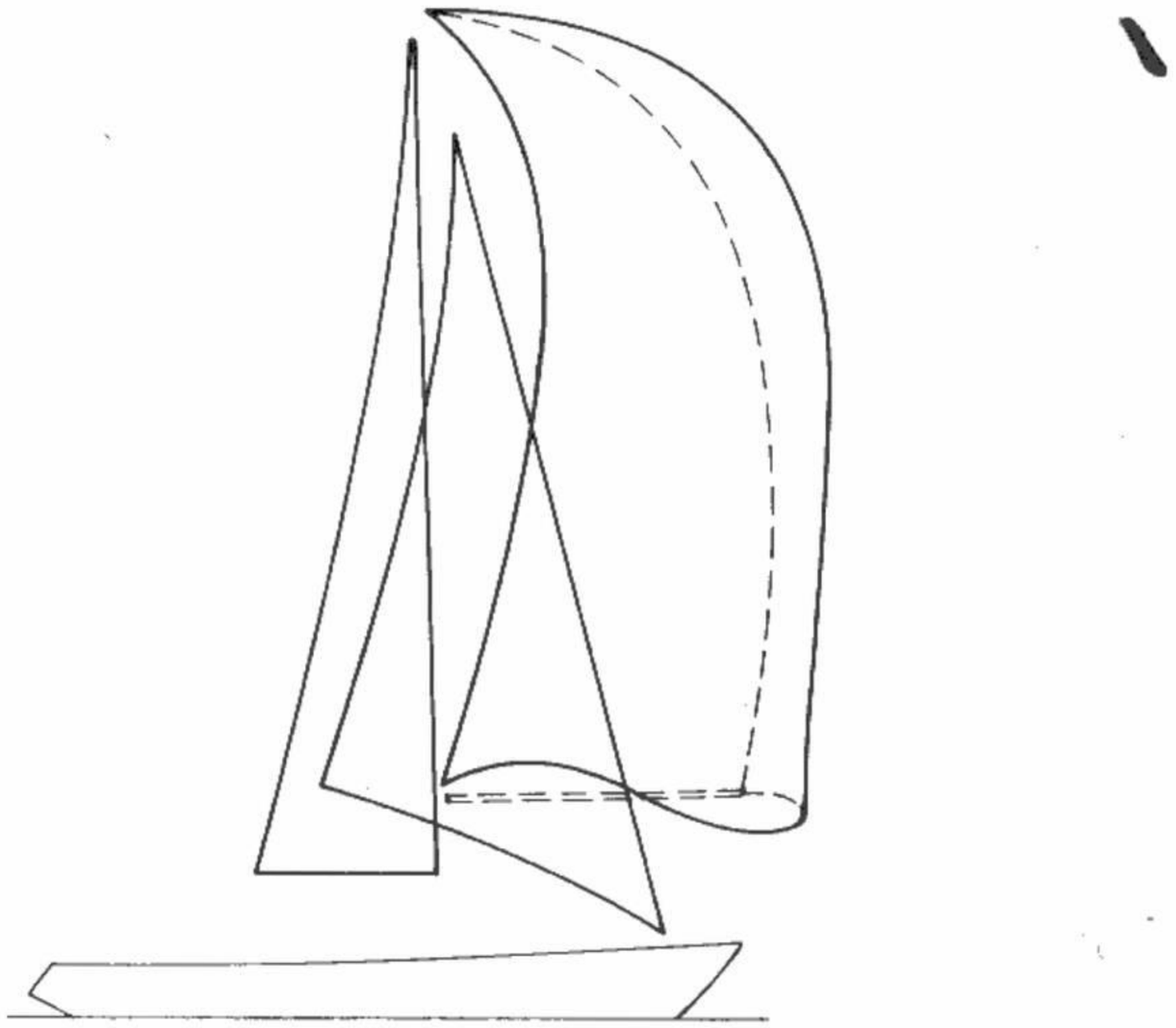


Figure 1-14. — *Spinnaker de largue et trinquette haute.*

Par vent fort, l'utilisation d'un génois ou d'un reacher sous le spinnaker est à envisager sérieusement surtout sur un petit bateau. D'une part il réduit la surface exposée directement au vent sans diminuer l'écoulement, augmentant ainsi le rapport force

propulsive/force latérale. D'autre part, lorsque le bateau part au lof ou que le spinnaker se dévente le génois évite un trop brutal déplacement du centre vélique et permet de le ramener plus facilement sur sa route. Enfin le spinnaker se regonfle beaucoup plus doucement sans donner d'à-coups trop violents au gréement.

Au-dessus de 15 nœuds de vent apparent pour un angle inférieur à 70° ou de 25 nœuds pour 90° il sera presque toujours avantageux d'abandonner le spinnaker pour en revenir au reacher ou à une voile plus spécialisée comme le spinnaker de croisière.

Du largue au vent arrière

Au fur et à mesure que le vent apparent se déplace vers l'arrière on recule le point d'amure de la trinquette et on le décale vers la lisse au vent autant que le permet le tangon.

Cependant dès que le vent apparent atteint les 120°, il n'est plus possible de border correctement la trinquette qui entre en conflit avec la grand-voile. En même temps que l'on changera le spinnaker

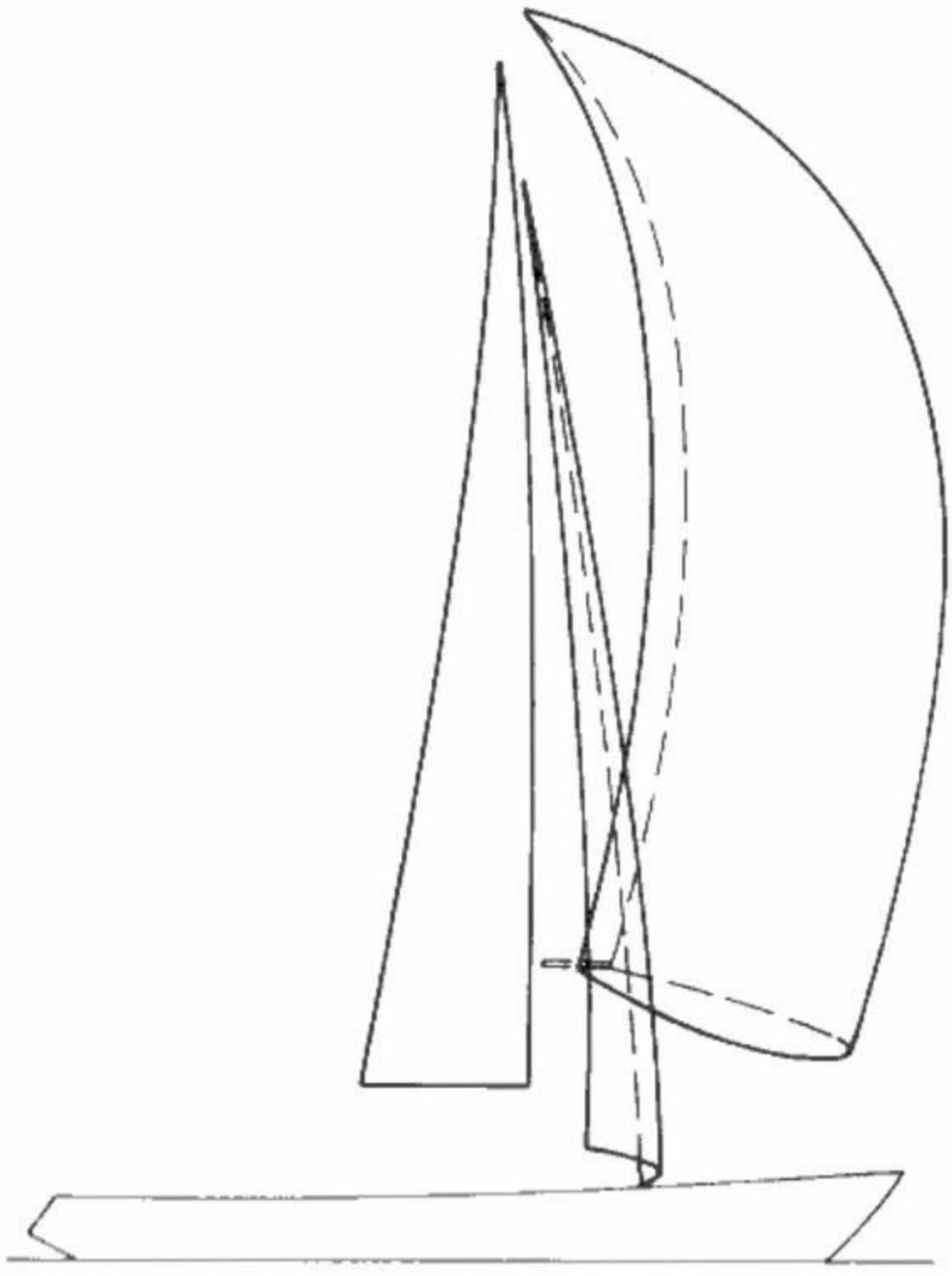


Figure 1-15. — *Spinnaker et tall-boy au vent arrière.*

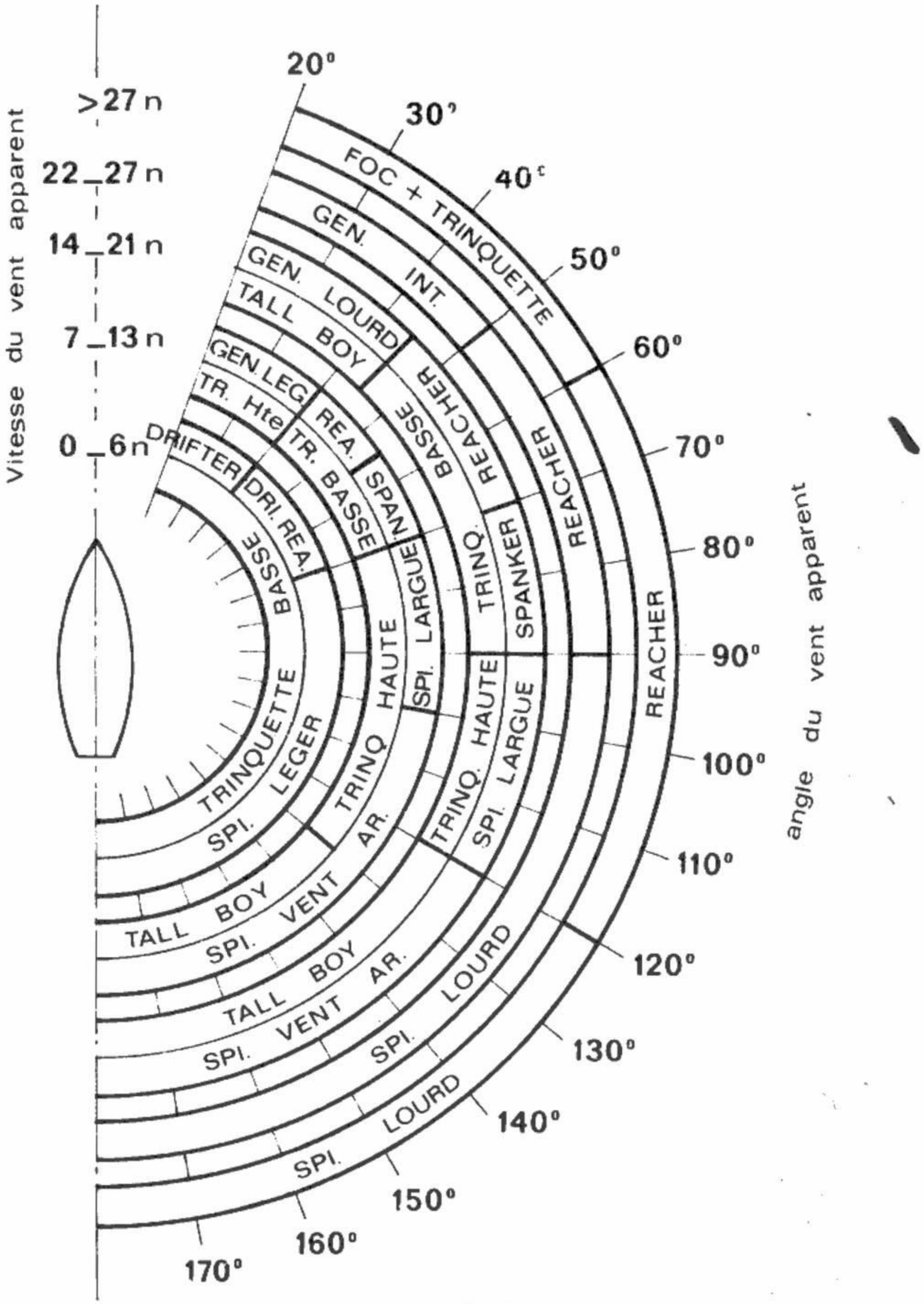


Figure 1-16. — *Exemple de graphique d'utilisation des différentes voiles d'avant selon la force et la direction du vent apparent.*

de largue contre un spinnaker de vent arrière on devra abandonner la trinquette. Seul le tall-boy, bordé maintenant complètement en travers du bateau sera conservé. Il constitue alors un excellent « volet de bord d'attaque » pour la grand-voile et a de plus un effet amortisseur sur l'apparition du roulis rythmique *(fig. 1-15)*.

On y associera bien sûr ce complément du spinnaker devenu de règle, le big-boy.

La *figure 1-16* résume les différentes combinaisons que nous venons d'étudier, elle ne constitue cependant qu'un exemple et variera selon les caractéristiques propres du voilier, la coupe des voiles et les possibilités de la jauge. Par ailleurs, et surtout pour un voilier de série ne participant pas à des régates de haut niveau, de tout cet ensemble de voiles il convient bien sûr de faire une sélection car il serait folie de vouloir les posséder toutes et surtout d'espérer pouvoir les loger à bord !

Le choix dépendra tout d'abord des possibilités budgétaires mais aussi des caractéristiques du bateau, grand ou petit, sur ou sous-voilé, grand ou petit triangle avant, de son équilibre et des conditions de vent que l'on est amené à rencontrer le plus souvent.

Le minimum consistera en un drifter et un reacher (à la rigueur la même voile pouvant sous certaines conditions remplir les deux rôles), un génois de poids moyen, un génois n° 2 dont la bordure réduite lui permet d'être amuré à 25 % en arrière de l'étai, un foc et un tourmentin.

Du point de vue des spinnakers on devra admettre un spinnaker de largue pouvant serrer le vent le plus près possible sans être un spanker et un spinnaker de vent arrière. A défaut on devra se contenter d'un spinnaker « tous usages ».

On associera à cet ensemble une trinquette réduite pour le près et le largue avec reacher et une autre maximum pour les spinnakers, avec enfin un tall-boy lourd utilisable du près au vent arrière et un big-boy.

Avec un budget et un bateau plus importants, drifters et reachers seront séparés, des génois maxi de poids moyens et lourds puis toute une série de génois intermédiaires et de focs seront prévus.

Le spanker fera son apparition accompagné de deux spinnakers légers (largue et vent arrière) et d'un ou deux lourds.

Du côté trinquette on ajoutera une trinquette légère réduite pour le près, une intermédiaire pour le petit largue avec reacher et on distinguera deux tall-boys, un pour le près et l'autre pour le vent arrière.

Comme nous le voyons le gréement du cotre proprement dit ne peut plus guère se distinguer en course de celui du sloop ; le yankee

ancien, étroit et haut n'ayant plus de raison d'être. Le ketch est peu utilisé en course, sauf dans les très grandes classes ; quand au yawl, son seul avantage résidant dans la possibilité d'utiliser une voile d'étai de bon rendement aux allures portantes, on le rencontre rarement dans nos eaux où les courses ne comportent pas de très longs bords de largue comme c'est le cas en Amérique et même dans ce pays il a presque disparu sur les grands voiliers de course. Cette voile d'étai d'artimon peut être soit une voile triangulaire s'amurant en abord le plus en avant possible avec l'écoute passant en bout de bôme d'artimon, soit un véritable petit spinnaker.

Les grands architectes comme le cabinet Sparkman et Stephens fournissent à leurs clients un tableau donnant l'inventaire des voiles nécessaires et les forces de vent auxquelles doivent s'effectuer les changements. Le voilier devra compléter et préciser ce tableau qui sera affiché en permanence.

Voilier hauturier

Les courses autour du monde organisées par la Withbread ont montré à quel point le choix et l'entretien des voiles sont un problème important pour le navigateur hauturier, qu'il pratique la course ou simplement la croisière. Spinnakers éclatés, points de drisse arrachés, coutures qui lâchent semblent être un tribut inévitable.

Que la solidité des voiles actuelles et surtout celle de leurs finitions en soient la cause, cela est évident, mais le choix, fait au départ, de la garde-robe et surtout du poids des tissus peut souvent être une cause aggravante.

Trop souvent le croiseur, par esprit d'économie, part avec une garde-robe trop faible. Ses voiles ne sont donc que rarement utilisées dans leurs conditions normales et s'usent ainsi beaucoup plus vite.

L'inventaire des voiles pour un sloop devrait à mon avis comporter au moins les voiles suivantes :

— 2 grand-voiles de poids différents, la plus lourde avec trois bandes de ris ;
— 1 petite voile suédoise, ou une voile de cape ;
— 1 drifter/reacher ;
— 1 génois léger ;
— 1 génois médium ;
— 1 génois lourd réduit de 25 à 30 % ;
— 1 foc réduit de 50 à 60 % pouvant être bômé, avec une bande de ris ;

— 1 tourmentin ;

— 1 spinnaker léger triradial en Nylon de 25 g/m² mais de surface pas trop grande et pas trop large d'épaules ;

— 1 spinnaker lourd genre starcut en Nylon de 65 g/m² ou des trinquettes ou focs jumeaux ;

— 1 voile d'étai.

Le drifter, le génois lourd et le foc seront équipés d'une pantoire au point d'amure et auront un point d'écoute suffisamment relevé pour échapper les filières.

Le tableau ci-dessous reflète l'expérience de Wild Rival's qui, dans la Transat 1976, passa par la route du Nord.

TABLEAU I-II

EXEMPLE DE POURCENTAGE D'UTILISATION DES VOILES DANS UNE TRAVERSÉE DE L'ATLANTIQUE

Voile	Nombre d'heures d'utilisation	Pourcentage	Voile	Nombre d'heures d'utilisation	Pourcentage
Spinnaker	14,5	1,8	Tourmentin	66	8,4
Drifter	229,5	29,4	Grand-voile pleine	513	66
Génois léger	156	19,9	Grand-voile avec 1 ris	81	10,4
Génois médium	61,5	7,9	Grand-voile avec 2 ris	113	14,5
Génois lourd	162,5	20,8	Grand-voile avec 3 ris	28,5	3,6
Foc de route	79	10,1	Trinquette légère	202,5	25,9

Bien sûr, ces chiffres sont fortement influencés par les caractéristiques de la route suivie, en particulier la faible utilisation du spinnaker. On notera en revanche le pourcentage élevé d'utilisation du drifter et de la trinquette légère, ainsi que du génois lourd. Cela indique assez bien la moyenne des conditions généralement rencontrées à savoir 30 % de vent faible, 30 % de vent maniable, 30 % de vent fort, 10 % de tempête. On pourra partir de cette base pratiquement pour toutes navigations hauturières sauf dans des régions particulières.

Pour le coureur, le tableau III ci-contre qui est l'inventaire des voiles de *Flyer*, le vainqueur de la course autour du monde de 1977/78, se passera de tout commentaire. Il faut y ajouter deux grand-voiles et un artimon.

TABLEAU 1-III

JEU DE VOILES HOOD DE FLYER
DANS LA COURSE AUTOUR DU MONDE 1977

Voile	Surface m^2	Grammage g/m^2	Vitesse du vent apparent	Angle du vent apparent
Trinquette légère	100	32/64	0-5	25°-120°
Drifter	122	95	4-7	25°-90°
Génois 1 léger	122	175	6-16	25°-50°
Génois 1 lourd	121	350	14-25	25°-45°
Génois 2	103	350	23-30	25°-45°
Génois 3	83	450	30-40	25°-50°
Reacher léger	122	175	6-25	50°-100°
Reacher de brise	94	350	20-40	50°-140°
Grand vankee	58	350	35-45	30°-150°
Petit vankee	28	450	35-55	30°-180°
Trinquette de spi	76	175	8-25	70°-120°
Trinquette génoise	60	175	8-30	50°-120°
Trinquette de route	31	350	20-60	30°-180°
Tall-boy	35	95	10-35	160°-180°
Spi d'artimon	70	32	8-25	120°-180°
Voile d'étai	70	64	4-25	90°-150°
Génois d'artimon	50	175	8-30	50°-120°
Starcut léger	291	21	3-7	45°-70°
2 Floaters	291	21	3-7	60°-180°
2 Spis légers	291	31	6-12	60°-180°
2 Spis medium	291	64	10-20	60°-180°
2 Spis lourds	291	95	20-35	90°-180°
2 Super flankers	240	95	10-40	60°-180°
1 Spi de tempête	233	115	40-50	120°-180°
1 Petit spi de tempête	70		50	120°-180°
2 Big-Boys (1 léger, 1 lourd)	123	64/95	5-35	130°-180°
1 Trinquette tourmentin	16	450	50 +	35°-180°
1 Voile de cape	17	450	50 +	

2. Elaboration et choix des toiles à voiles

HISTORIQUE

Au temps des phares carrés, une voilure de pur lin était considérée comme le plus beau cadeau que l'on pût faire à un capitaine. Mais cette « belle et blanche toile de lin finement tissée » nous paraîtrait aujourd'hui bien grise et grossière.

Elle avait cependant l'avantage assez appréciable pour l'époque d'être relativement résistante à la pourriture, et elle conservait, une fois humide, une certaine souplesse qui en facilitait la manipulation. Malheureusement, elle se déformait très rapidement, ce qui n'améliorait guère le rendement de ces voilures déjà si peu aérodynamiques.

C'est pourquoi, lorsque la vitesse devint un facteur primordial dans la course au thé et au blé, on se tourna vers le coton, qui, bien que moins résistant aux moisissures et plus raide une fois humide permettait de conserver aux voiles une meilleure forme.

Après la disparition des grands voiliers, la toile de coton resta, jusqu'à l'immédiat après-guerre, le matériau unique des voiles de yachts.

La meilleur qualité, originaire d'Egypte, était tissée spécialement pour les voiles, de façon très régulière et très serrée.

Cependant, depuis 1930, des études étaient menées sur les

« superpolyamides » (plus connues en France sous le nom commercial de Nylon), découvertes par un chimiste américain de la société Du Pont de Nemours, W. H. Carothers.

Le premier fil de Nylon était fabriqué en France, sous licence, par la Rhodiacéta en 1940-1941 et, dès la Libération, était produit à l'échelon industriel.

Malheureusement, le Nylon possède la particularité d'être l'une des fibres textiles les plus élastiques, ce qui, pour le tissu à voile, est un défaut qui conduisit à de graves déboires ceux qui essayèrent de l'utiliser. Par contre, cette élasticité, alliée à une très grande résistance à la rupture, en fit, pour les spinnakers, le tissu merveilleux qu'il restera certainement encore longtemps.

Parallèlement à ses études sur le Nylon, Carothers avait exploré le domaine des polyesters et deux chimistes anglais, Whinfield et Dickson, devaient reprendre en 1940 ces études qui les conduisirent à la découverte du polytéréphtalate d'éthylène, immédiatement développé en Angleterre par l'Imperial Chemical Industrie (I.C.I.) sous le nom de Térylène et en Amérique par Du Pont de Nemours sous le nom de Dacron.

De nombreuses licences étaient prises par différents pays et c'est ainsi qu'en 1954, la Rhodiacéta sortait en France le Tergal, puis le Japon le Téroton, l'Italie le Térital, l'Allemagne le Trevira, l'URSS le Lavsan, etc.

Vers 1974 une nouvelle fibre synthétique mise au point par Du Pont pour les carcasses radiales de pneumatiques, le Kevlar, fit son apparition dans la construction des tissus de voile. Ses caractéristiques mécaniques, résistance élevée à la rupture, allongement très faible, permettaient d'espérer obtenir un tissu de performances exceptionnelles à savoir légèreté et déformations quasiment nulles. Les premiers essais montrèrent malheureusement que les qualités de cette nouvelle fibre portaient en elles-mêmes ses défauts, à savoir une très mauvaise résistance à la déchirure par concentration des efforts. Ces nouveaux matériaux qualifiés d'« exotiques » donnent lieu actuellement à de nombreuses recherches et de nouveaux produits composites apparaissent chaque jour, nous tenterons d'en faire le point plus loin.

Utilisée au départ uniquement pour la trame des tissus de grand-voile elle dut être abandonnée provisoirement. Depuis, grâce aux recherches effectuées par ailleurs sur l'association d'un film polyester Mylar avec un tissu de fibres polyester, il semble que le problème du déchirement par concentration des efforts ait été résolu.

Une autre matière synthétique, le polypropylène, est enfin utilisée pour les spinnakers ultra-légers.

Par leurs nombreuses qualités, ces fibres devaient rapidement détrôner le coton.

CARACTÉRISTIQUES DES TOILES A VOILES

Une toile est constituée d'un assemblage croisé de fils longitudinaux, la chaîne, et de fils transversaux, la trame.

Les deux éléments principaux de la construction de la toile que sont le nombre par unité de largeur et le diamètre du ou des fils (plusieurs fils fins torsadés pouvant remplacer un fil plus fort) constituant la chaîne et la trame déterminent deux caractéristiques importantes : le poids exprimé en grammes par mètre carré et le facteur de couverture dont dépendront les caractéristiques mécaniques du produit obtenu.

Si le poids est une notion qui se conçoit facilement, je pense qu'il faut expliquer ce qu'est le facteur de couverture ou duitage. Grossièrement, disons que c'est le produit du diamètre du fil par leur nombre par unité de largeur. Si nous prenons deux toiles dont l'une est constituée de fils de section double de l'autre pour obtenir le même poids il faut moitié moins de fils. Mais le diamètre des fils ne croissant qu'en fonction de la racine carrée de la section, l'espace entre les fils sera plus grand. Le facteur de couverture sera donc plus faible et le tissage moins serré, nous verrons plus loin l'importance de ce phénomène.

L'assemblage des fils de chaîne et de trame ne peut, par définition, être indéformable et les caractéristiques mécaniques de la toile ne seront donc pas les mêmes dans toutes les directions.

Cette déformabilité de la toile est à la fois un avantage, puisque nous verrons qu'elle est à la base du réglage de la forme, surtout pour les grand-voiles, et un inconvénient si elle dépasse les limites nécessaires, limites qui sont différentes selon qu'il s'agit d'une grand-voile ou d'un foc.

La construction de la toile, comme la coupe des voiles seront liées à la forme que prendra la répartition des efforts sur l'ensemble de la surface. Encore faut-il avoir une idée assez exacte de ces efforts et de la façon dont ils se transmettent dans la structure même du tissu.

Au chapitre III, le lecteur trouvera une étude théorique des efforts

auxquels est soumise la voile. Mais en ce qui concerne la façon dont ils agissent sur le tissu lui-même, les tisseurs n'ont eu pendant longtemps, pour seule base, que l'appréciation plus ou moins subjective des voiliers et des utilisateurs.

Cependant, après la sévère défaite du 12 m anglais *Sovereign* dans la coupe de l'America, due en grande partie à la qualité de ses voiles, l'I.C.I. a entrepris des études sérieuses.

En traçant sur la voile en essai des séries de cercles (*fig. 2-1*) on a pu mesurer leur déformation et, par comparaison avec les diagrammes d'allongement établis en laboratoire, déterminer les charges correspondantes. D'autres méthodes d'essais utilisant des jauges à

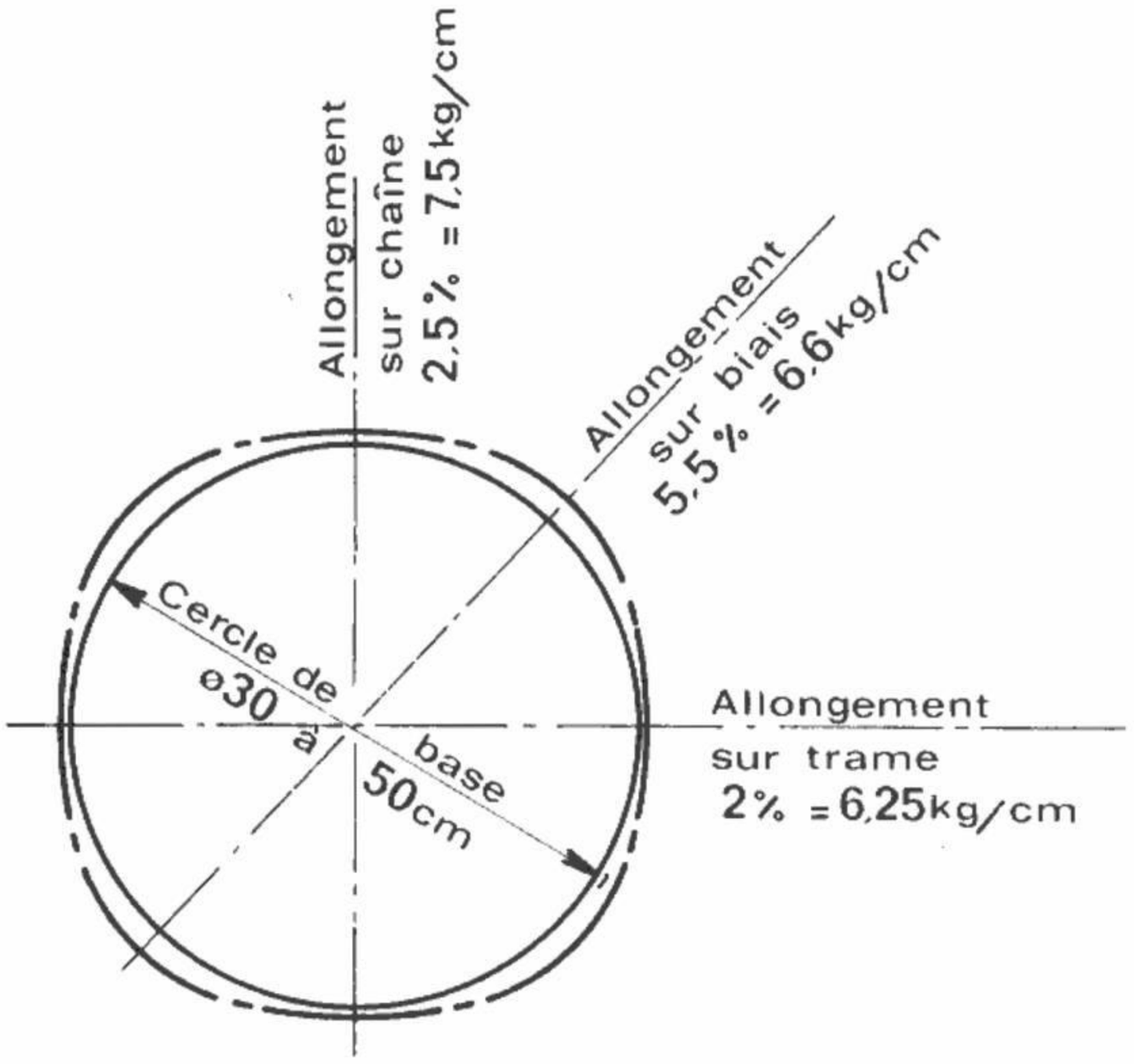


Figure 2-1. — *Méthode utilisée par l'I.C.I. pour déterminer les efforts dans le tissu des voiles.*

vernier ou des jauges de contraintes ainsi que la photogrammétrie ont depuis été employées. On s'est ainsi aperçu que si les efforts étaient maximums aux trois points de la voile, ce qui était prévisible, les tensions se répartissaient de façon très uniforme sur l'ensemble de la toile malgré la présence des contraintes mécani-

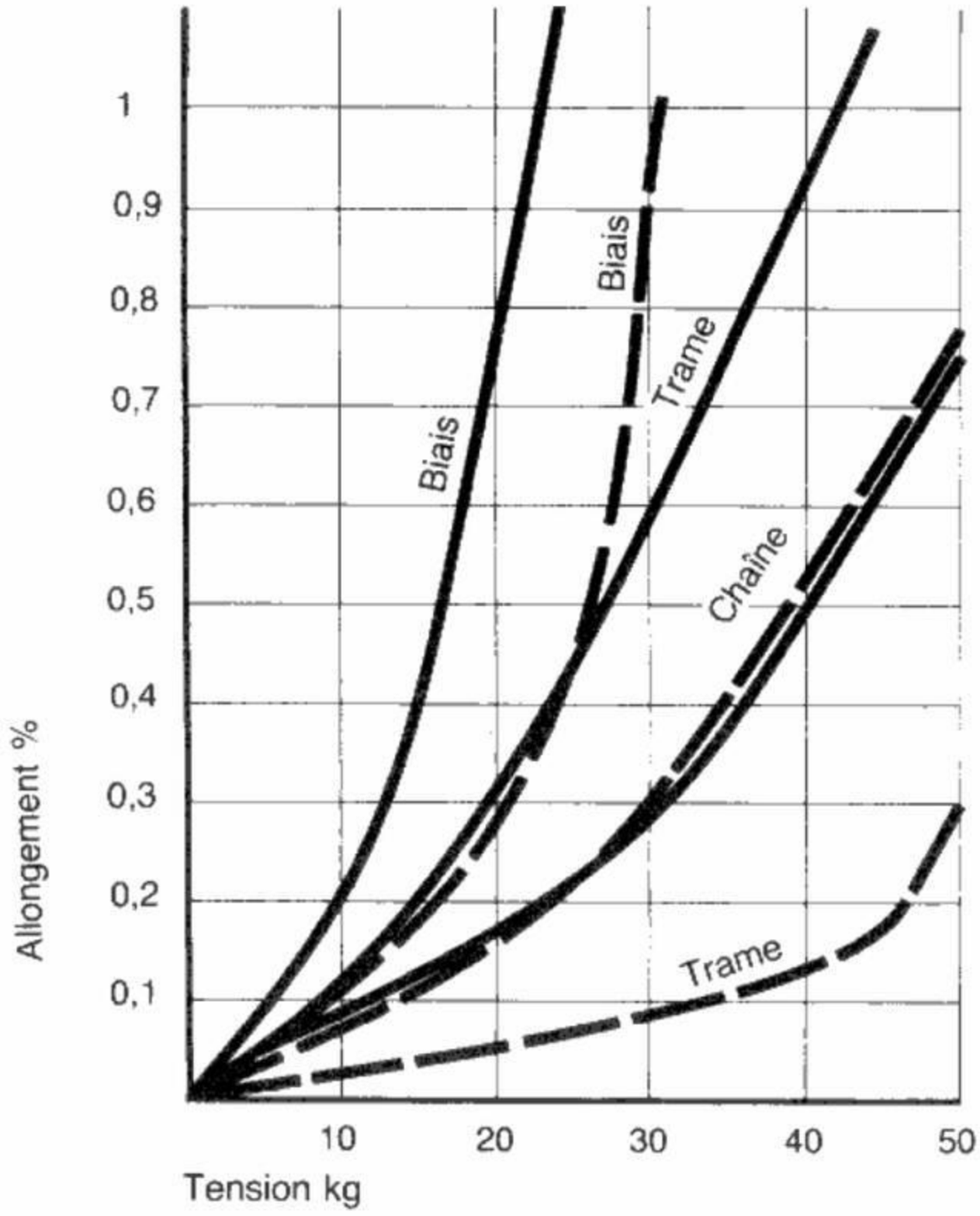


Figure 2-2. — *Courbes d'allongement de deux tissus médium de même grammage (245 g/m²) mais de construction différente.* En traits pleins pour génois, en traits interrompus pour grand-voile.

ques locales nécessaires pour maintenir la voile (drisses, écoutes, etc.)

Il est certain que sous ces efforts, en raison de sa déformabilité, la toile ne va pas s'allonger de façon égale dans toutes les directions ainsi que le montrent les courbes de la *figure 2-2*. De plus, ces allongements varient en fonction du temps pendant lequel l'effort est appliqué; au-delà de certaines charges et d'un certain temps la toile libérée ne reprend plus ses dimensions primitives, il persiste un allongement résiduel (*fig. 2-3 et 2-4)* Le fasseyage est également un facteur aggravant et les essais sont généralement comparés avant et après fasseyage des échantillons placés pendant un temps déterminé sur une roue tournant à une vitesse donnée. On peut déduire de ces courbes les limites de la valeur et de la durée des efforts, continus ou alternés, dans lesquelles le tissu conservera ses qualités. Au-delà de ces limites, la toile ne revient plus, elle flue, ce qui conduira, à l'usage, à une déformation permanente de la voile.

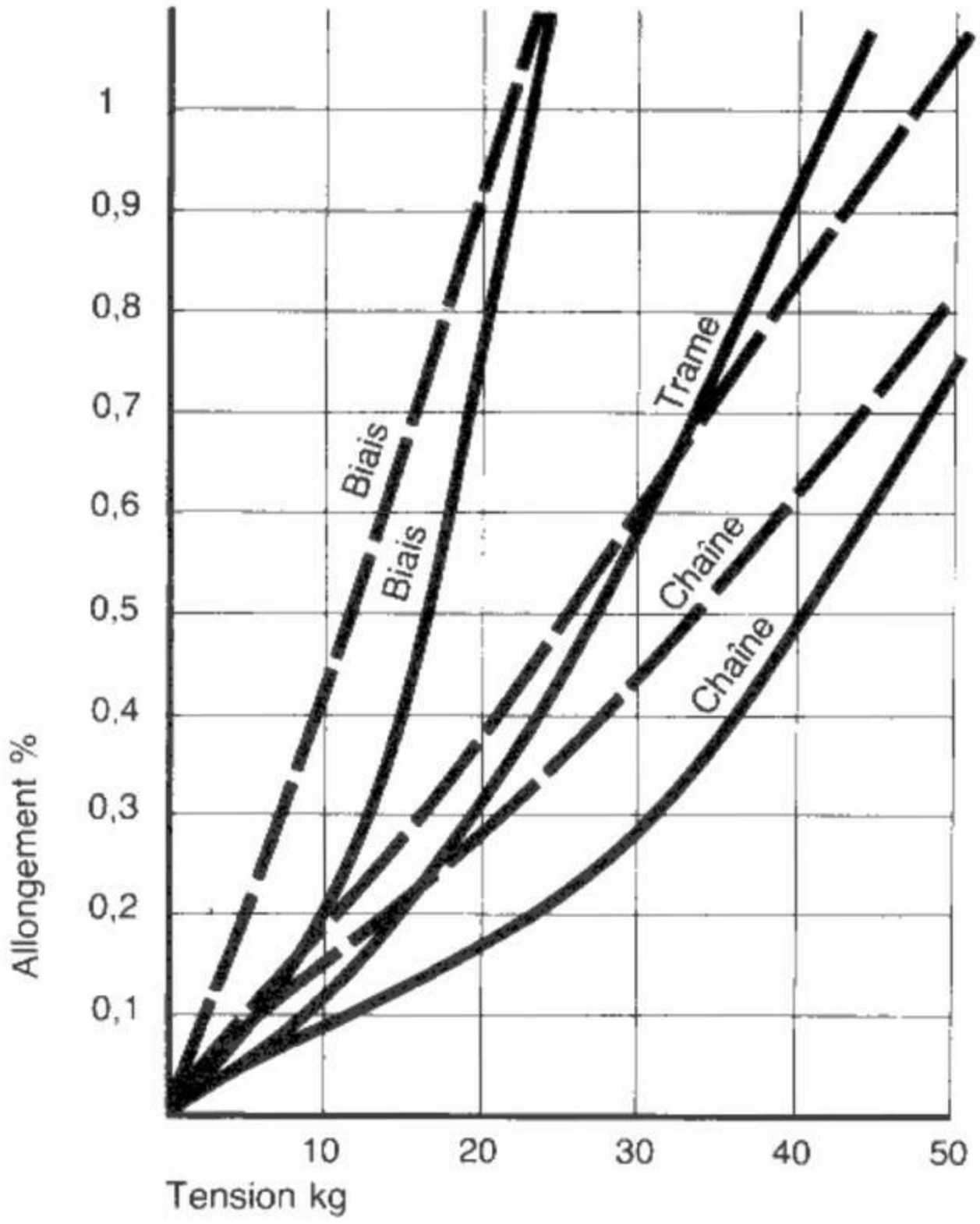


Figure 2-3. — *Courbes d'allongement d'un tissu neuf* (traits pleins) *et fatigué* (traits interrompus). *On constate qu'une fois éliminé l'enduit, la variation de l'allongement est plus régulière. On n'indique pas ici l'allongement résiduel.*

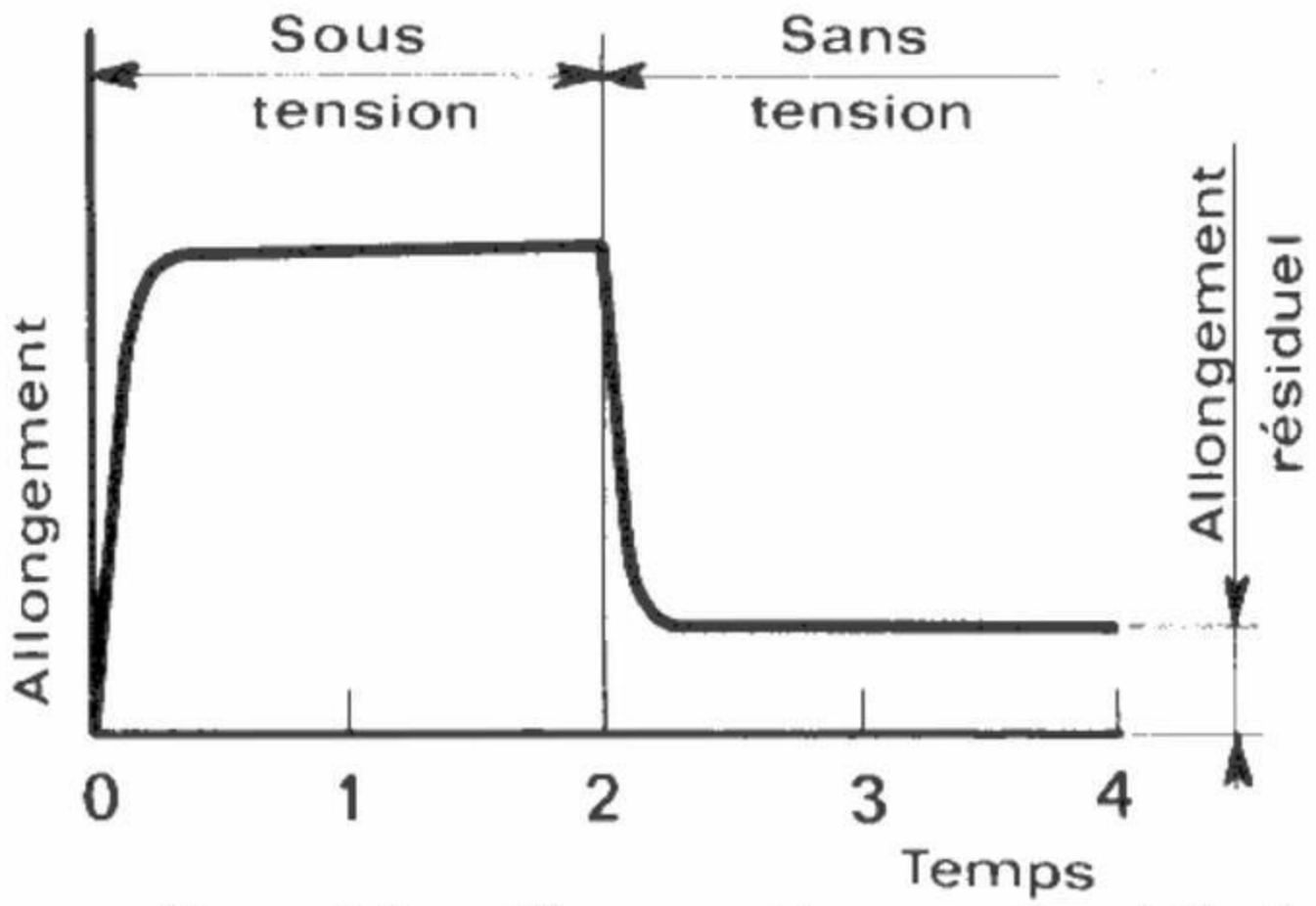


Figure 2-4. — *Allongement instantané et résiduel pour une charge et un temps donnés.*

QUALITÉS DES TOILES A VOILES

De ce qui précède, nous pouvons définir que les qualités d'une toile à voile devront être :

— la stabilité de forme, dans les limites définies en fonction du type de voile et de la coupe qui lui convient le mieux ;

— l'isotropie (uniformité des caractéristiques physiques dans toutes les directions) maximum, tout au moins pour certains types de voiles ;

— un rapport le plus élevé possible entre les qualités mécaniques (et en particulier le retour aux dimensions primitives après disparition des contraintes) et le poids, dans les limites de travail prévues.

Enfin on demandera une bonne résistance à la rupture (mais celle-ci sera normalement largement suffisante) une porosité réduite, un aspect de surface le plus lisse possible (sans cependant être brillant), un taux d'absorption d'eau minimum, une bonne résistance aux rayons ultra-violets, aux bactéries et aux moisissures.

Des études ont montré que la porosité était un facteur plus important qu'on ne le croyait. Des essais effectués à l'Université de Southampton ont permis de mesurer des différences de l'ordre de 10 % sur la force propulsive d'un génois au près par vent de force 5 pour des tissus dont la porosité était dans le rapport de 1 à 8. On a pu ainsi déterminer que la vitesse d'écoulement à travers le tissu ne devait pas dépasser 0,007 m/s pour une pression différentielle de 285 kg/m^2.

La porosité est d'autant plus néfaste que le vent est fort.

Ce problème est assez facilement résolu actuellement sur les toiles de polyester, il est plus délicat pour les toiles de Nylon pour spinnakers.

Toutes ces qualités dépendront des trois étapes principales de l'élaboration de la toile : le fil, le tissage et la finition que nous étudierons maintenant.

Le fil

Le polymère Tergal est obtenu par la synthèse en chaîne de deux composants issus de l'industrie du pétrole tandis que le Nylon est un dérivé de la houille.

Le polymère en grains est porté rapidement à son point de fusion,

260°, puis extrudé à très grande vitesse (1 km/mn) à travers une filière comportant de nombreux orifices fins et calibrés. Au sortir de la filière, les filaments sont refroidis à l'air et étirés pour en orienter la structure micro-cristalline et leur conférer ainsi les caractéristiques mécaniques désirées.

TABLEAU 2-I

CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DES FILS TERGAL ET NYLON

Hygrométrie EH 65 %	TERGAL		NYLON	
Température 20° C	Normal	Haute ténacité	Normal	Haute ténacité
Résistance g/den. . .	4,5 à 5,8	6 à 7	5	7 à 8,8
Résistance kg/mm²	56 à 68	74 à 87	50	65 à 70
Allongement à la rupture R	15 à 25 %	7,5 à 12,5 %	env. 25 %	env. 15 %
Allongement à 25 % de R	env. 1,5 %	env. 0,9 %	env. 5 %	env. 4 %
Module d'élasticité g/den.	80 à 100	110 à 130	25	40 à 50
Densité	1,38		1,14	
Reprise d'humidité %	0,4		4,2	

Il faut noter que la résistance du Nylon humide tombe à 6-7,9 g/den.

Le nombre de trous que comporte la filière détermine le *titre* en *deniers*, c'est-à-dire le nombre de filaments composant le fil et correspondant sensiblement pour le Tergal au poids en grammes de 9 000 m de fil. On utilise également le *décitex* qui est le poids pour 10 000 m.

Les titres utilisés pour les toiles à voiles peuvent aller de 60 à 1 000 deniers, mais sont plus généralement de 90 à 500 deniers pour le Tergal et de 30 à 50 deniers pour le Nylon.

Les filaments sont ensuite soumis aux opérations de moulinage, encollage et mise sur support.

Le tableau 2-1 ci-dessus nous montre déjà que suivant les valeurs d'étirage et la vitesse de refroidissement, les caractéristiques du fil peuvent être différentes.

Selon la demande, les considérations économiques locales, la mise au point ou la différence des techniques de fabrication, les fils, même portant des qualifications identiques, peuvent avoir des caractéristiques très différentes ainsi que le montre le diagramme de la *figure 2-5*.

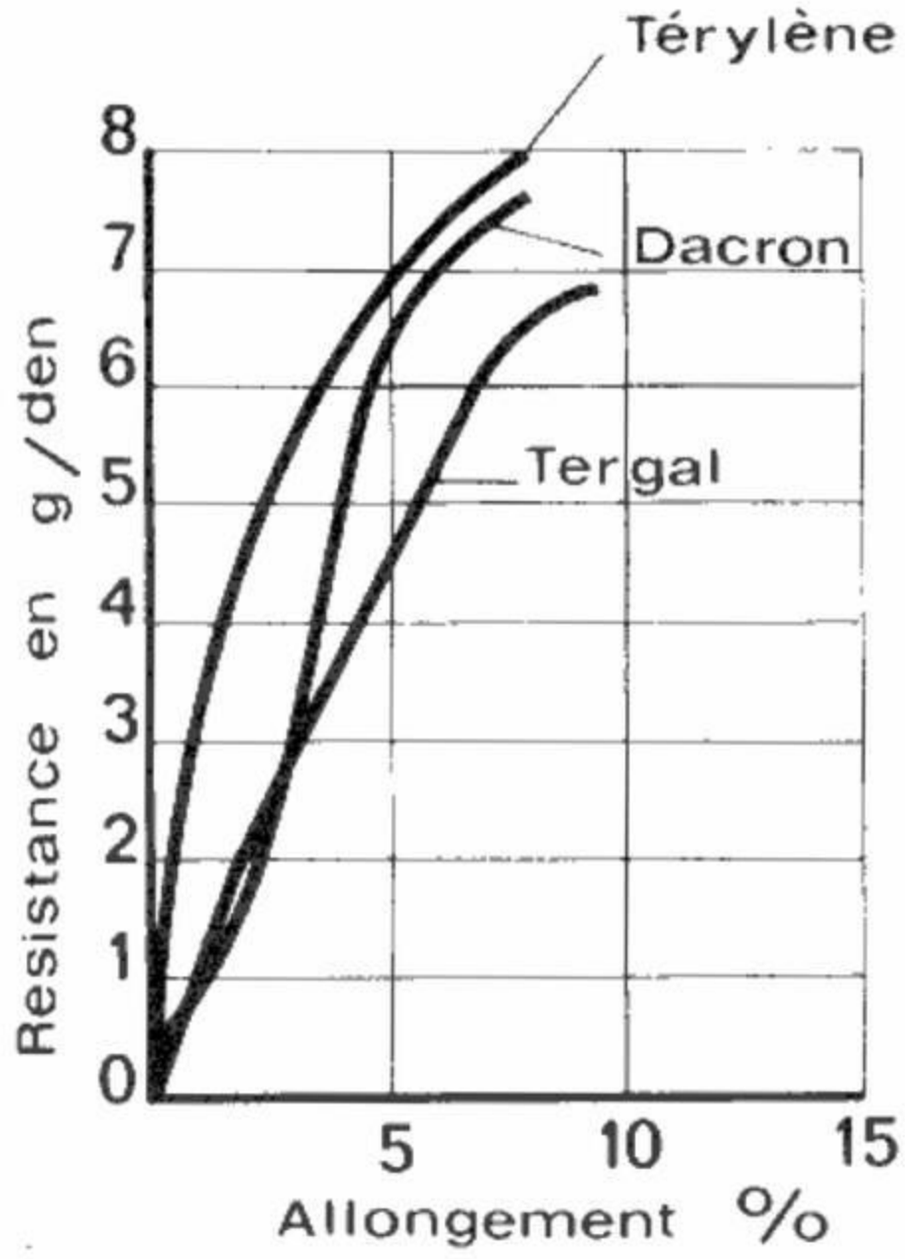


Figure 2-5. — *Caractéristiques de différents fils de polyester qualifiés « Haute Ténacité ».*

C'est par ailleurs le fil qui apportera à la toile ses qualités de résistance aux rayons ultra-violets, aux moisissures et à l'humidité.

Actuellement la majorité des toiles de qualité sont tissées à partir de fibres américaines Dacron de Du Pont de Nemours à haute ténacité, le reste se répartissant entre le Térylène anglais de l'ICI et les fibres allemandes ou hollandaises. Rhône-Poulenc a totalement abandonné en France la fabrication des fibres polyester pour les voiles.

Le tissage

En fonction du grammage recherché, de la destination de la toile et des caractéristiques de ses métiers, le tisseur établira les paramètres de la construction.

Il choisira le titre du fil ; au besoin s'il ne dispose pas directement du titre nécessaire il assemblera par torsion plusieurs fils plus fins, ou comme on le fait pour le Nylon des spinnakers, il prévoira un fil plus fort tous les 4 ou 5 mm.

Il déterminera la torsion à donner à ces fils (1 à 3 tours par cm) et leur nombre par unité de largeur.

Le fil sera donc mis en torsion (si nécessaire), puis bobiné sur les tambours d'ourdissage, ou ensouples, pour constituer la chaîne et sur les canettes qui formeront la trame. La toile, une fois tissée est contrôlée pour éliminer toutes les parties défectueuses avant de subir les opérations de finition.

Dans les toiles modernes, on tend actuellement à avoir un nombre de fils fins le plus élevé possible, pour obtenir un facteur de couverture maximum par un tissage très serré, et on adapte la construction de la toile au type de voile auquel elle est destinée. Ainsi alors que pour un génois, dont les contraintes dans la toile sont équilibrées, on préférera une construction symétrique, pour une grand-voile où les contraintes s'exercent principalement selon la trame, celle-ci sera d'un titre beaucoup plus fort que la chaîne. La différence d'allongement peut aller jusqu'à 10 fois pour des toiles destinées à des grand-voiles à très grand allongement.

Par exemple, pour deux tissus Sailtiss de 245 g/m² le premier, pour génois, aura une trame de 25 fils de 560 décitex et une chaîne de 27 fils de 560 décitex (construction presque équilibrée) alors que le second, pour grand-voile, aura une trame de 18 fils de 735 décitex et une chaîne de 28 fils de 560 décitex. La *figure 2-2* montre les différences d'allongement qui en résultent.

De plus, sur une grand-voile le rapport des efforts en chaîne et en trame peut être très différent entre une voile à faible ou grand allongement, cette dernière demandant un tissu constitué de fils de chaîne nombreux et fins et un titre plus élevé pour les fils de chaîne d'où une construction volontairement déséquilibrée. Par ailleurs le croisement des fils de chaîne et de trame conduit à une déformation des fils favorisant l'élasticité du tissu (*fig. 3-6, p. 80*). Cependant, comme il est beaucoup plus facile d'exercer une forte tension, pendant le tissage, sur les fils de chaîne que sur les fils de trame « l'ondulation » des premiers est plus faible que celle des seconds, d'où l'allongement plus faible en chaîne qu'en trame que l'on remarque sur le graphique de la *figure 2-2* et l'idée de disposer les laizes, non plus perpendiculairement, mais parallèlement à la chute comme au temps des anciens voiliers.

Il en est de même pour la toile de Nylon des spinnakers. La coupe triradiale, adoptée maintenant de façon quasi générale, impliquant

une direction des efforts dans l'axe des panneaux de la tête et des deux parties basses, on utilise pour celles-ci des toiles dont la résistance est plus forte en chaîne qu'en trame.

L'augmentation du facteur de couverture est un point très important dans la construction des toiles modernes *(fig. 2-6)* car il

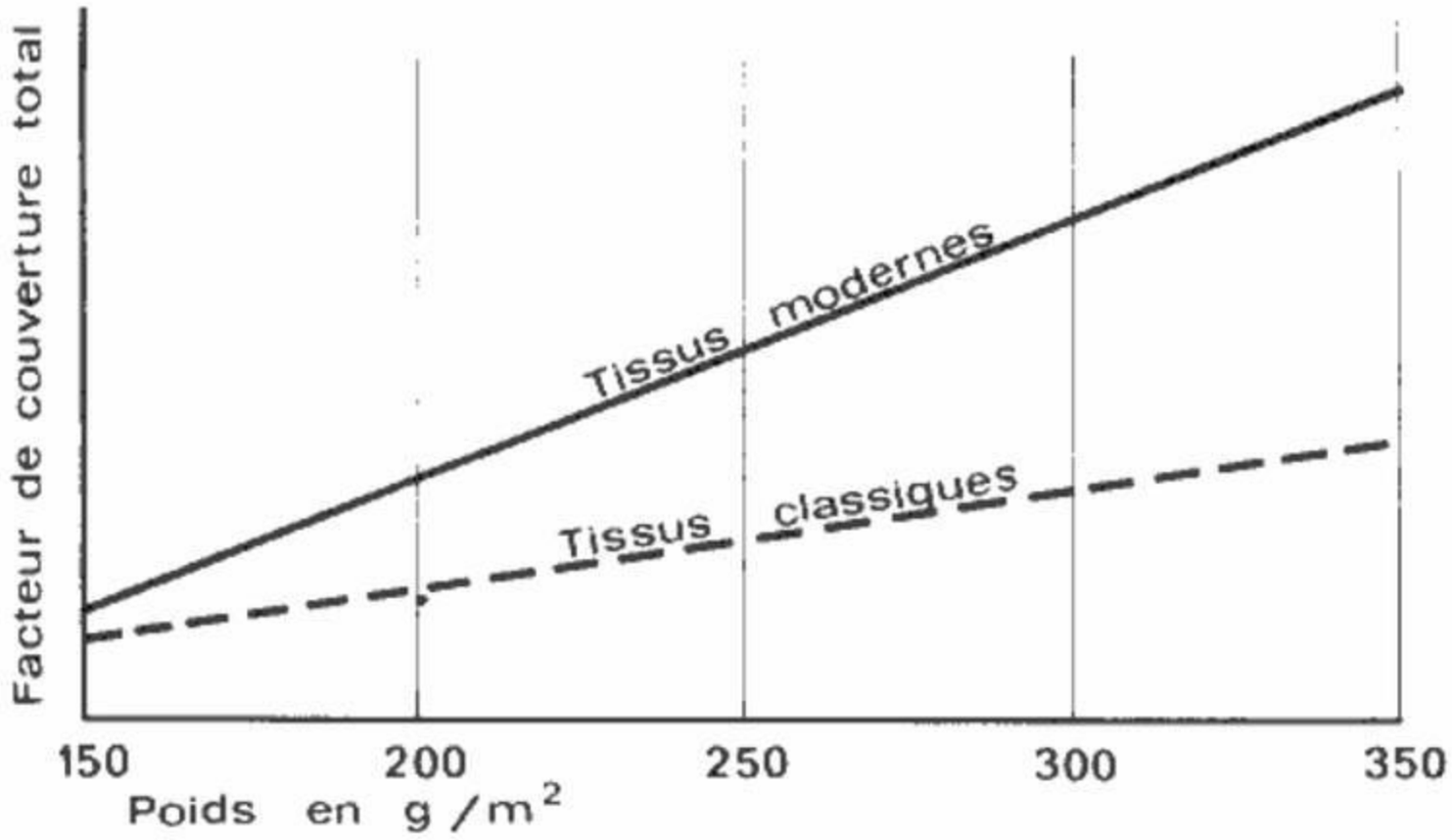


Figure 2-6 — *Variation du facteur de couverture en fonction du grammage.*

permet d'obtenir une plus grande stabilité de forme et des caractéristiques mécaniques plus élevées permettant de réduire le poids prévu à l'origine. C'est ainsi que sur les voiles des 12 m J.I., par exemple, on a pu réaliser des gains de l'ordre de 40 % depuis 1968. Une grand-voile qui pesait à l'époque 12 à 13 oz était réalisée en 1972 par Hood en tissu de 6,8 oz.

Cependant il est évident qu'un facteur de couverture élevé ne peut être obtenu qu'au détriment de la vitesse de tissage et c'est ainsi que certains tissus Hood sont tissés à la vitesse de 5 m à l'heure contre 10 et 15 pour des tissus ordinaires. D'autre part, les efforts sur les métiers deviennent si élevés que, au-dessus de 300 g/m², il n'est possible d'obtenir des facteurs de couverture élevés que sur des métiers tissant des laizes étroites de 45 ou 60 cm, alors que pour des tissus légers de qualité courante on tisse parfois en 1,80 m des toiles qui sont ensuite recoupées en 2 × 0,90 m.

Malheureusement pour un titre de fil donné il n'existe qu'une combinaison optimum. C'est pourquoi selon les titres dont il peut disposer, un tisseur pourra obtenir de bons tissus dans un certain poids, mais de moins bons dans d'autres.

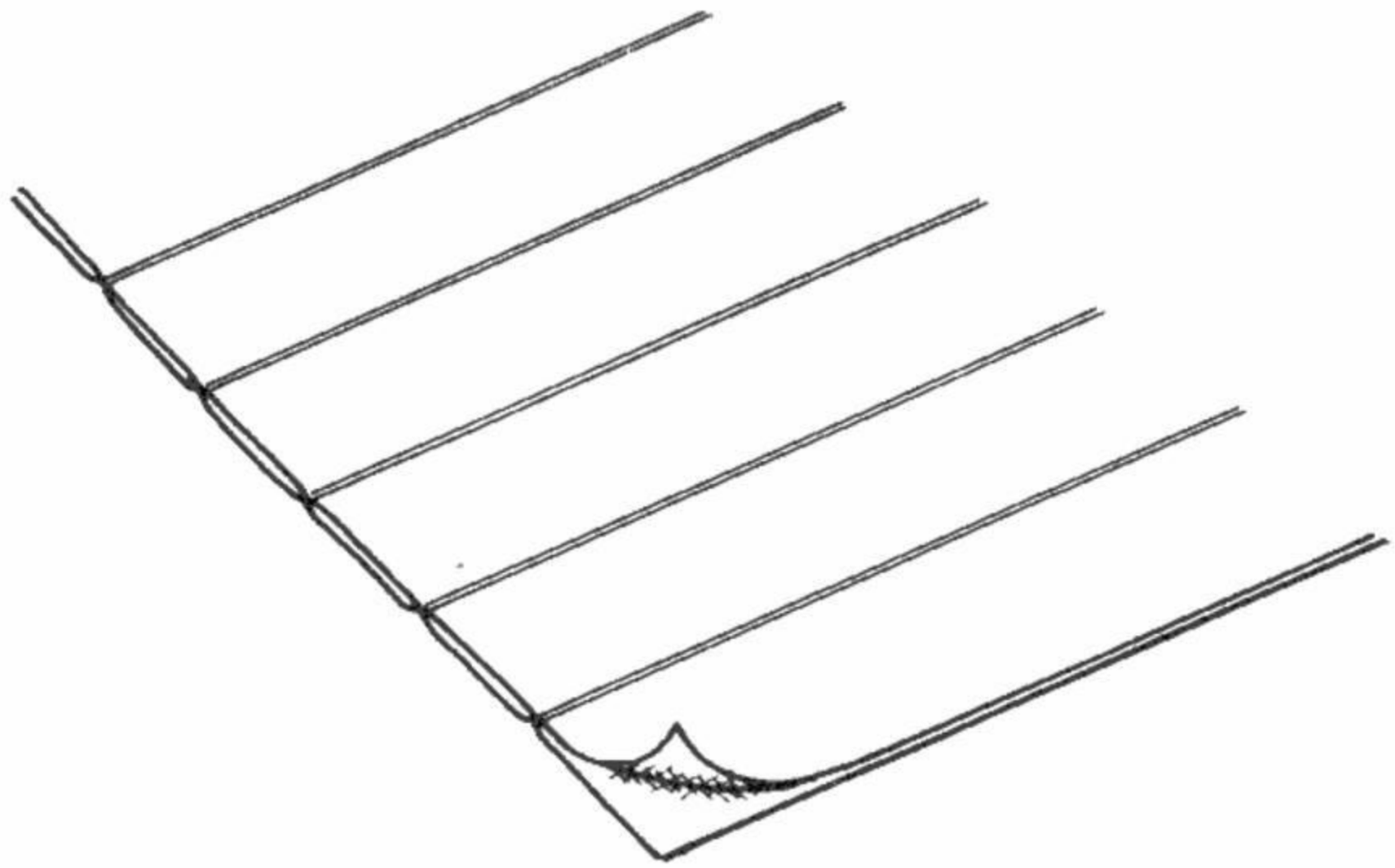


Figure 2-7 — *Tissu Bainbridge* Syncroweave.

C'est pour la même raison, et aussi parce qu'il n'est pratiquement pas possible d'obtenir des tissus stables au-dessus de 500 g/m^2 que l'on utilise parfois deux épaisseurs de toile pour la confection des voiles. Ainsi deux épaisseurs de 210 g par exemple auront un allongement moindre qu'une toile de 420 g. Un des plus grands tisseurs américains, Bainbridge, l'a d'ailleurs parfaitement compris et propose une toile en double épaisseur, *Syncroweave*, dont les deux couches se croisent à un intervalle de 8 mm (*fig. 2-7*). Il est ainsi possible de réaliser des toiles de grammage beaucoup plus élevé que ce qui existait précédemment. Personnellement je craindrais cependant que cette construction retienne, entre ses deux couches, une forte humidité, lorsqu'on l'utilise sur un voilier de croisière où la grand-voile reste ferlée sur la bôme. D'autre part le croisement des deux plis constitue un point faible qui réduit la solidité du tissu à une valeur inférieure à celle de la somme de deux toiles d'un poids total équivalent.

On voit qu'il est difficile de définir le choix d'une toile simplement par son poids nominal.

Non seulement les tolérances sur celui-ci sont très larges mais les imprégnations de résines viennent le fausser, même si comme pour les tissus de qualité les pourcentages sont faibles (3 à 4 %).

Dans le doute on pourra toujours analyser la constitution de

chaque fil et leur nombre par unité de largeur. La toile comportant, à poids égal, le plus grand nombre de fils, aura toutes chances d'avoir des caractéristiques meilleures.

La torsion du fil est dictée par les caractéristiques du métier. Au minimum pour la trame (la torsion de 20 t/m environ que possède le fil à sa fabrication n'est généralement pas augmentée), elle est portée à des valeurs plus élevées pour la chaîne (jusqu'à 300 t/m avec un métier large et un fil à fort titre).

En fait, suivant les caractéristiques des métiers, qui doivent être lourds et travailler lentement on ne pourra réaliser pour un fil donné qu'un poids de toile de caractéristiques optimums. Le travail de ces métiers, compte tenu des quantités relativement peu élevées, revient très cher et il semblerait que les tisseurs doivent s'orienter vers une spécialisation, tant dans la qualité : courante ou supérieure, que dans la gamme des poids.

Constatant que les contraintes dans le génois se répartissaient de façon assez uniforme et devant la difficulté d'obtenir des caractéristiques d'allongement égales selon le biais et les autres directions du tissage, la voilerie North a conçu avec la Cie N.F. Donweave une toile baptisée *Triaxial* composée non plus de fils se croisant à 90° mais à 60°. La chaîne est constituée de deux groupes se croisant à 60°, la trame restant transversale (*fig. 2-8*). Une toile de 7,5 oz a ainsi été réalisée et utilisée sur le 12 m J.I. *Enterprise* pendant la campagne de 1977 de la coupe de l'America.

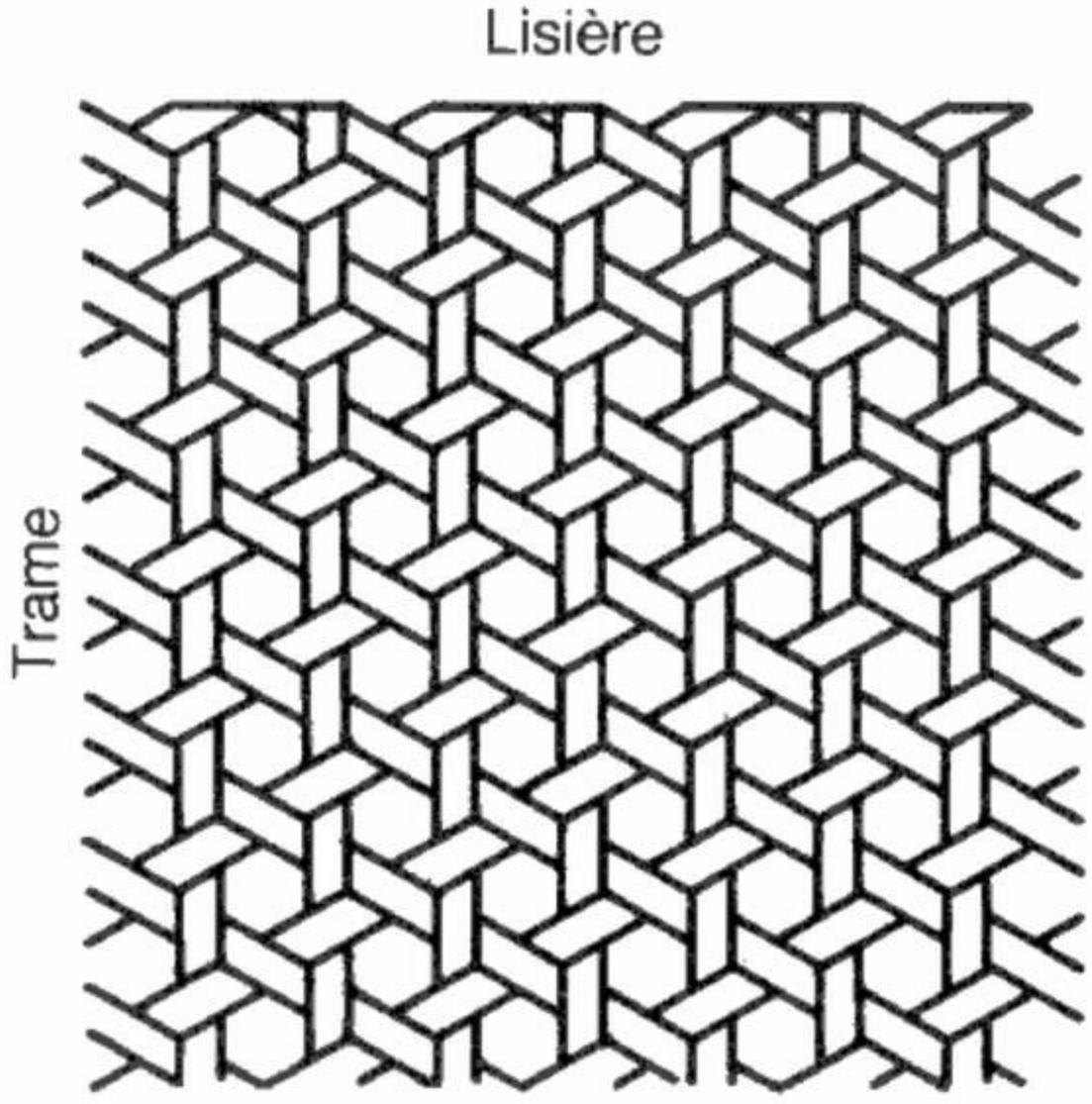


Figure 2-8. — *Constitution du tissu* Triaxial.

Elle s'est révélée conforme aux résultats espérés en ce qui concerne l'allongement sur le biais qui a été réduit de 30 à 50 %. La voile pouvait ainsi être portée jusqu'à des vents de 20 nœuds réels alors qu'un génois en toile classique de même poids ne pouvait être porté que jusqu'à 12 nœuds de vent réel.

En France la société Sailtiss partant d'une idée fort originale et beaucoup plus simple que celle du Triaxial a pu obtenir des résultats encore supérieurs et pour une différence de prix très inférieure. Ce tissu appelé *Déformation zéro* est un double-plis « quadriaxial », l'un de ces plis étant constitué d'un tissage normal, l'autre d'un tissage dont chaîne et trame sont inclinées à 45° par rapport au premier. Les deux plis sont assemblés par un collage léger destiné uniquement à faciliter les opérations de coupe et d'assemblage.

Les courbes de la *figure 2-9* permettent de juger de la différence considérable d'allongement dans le biais par rapport à un tissu

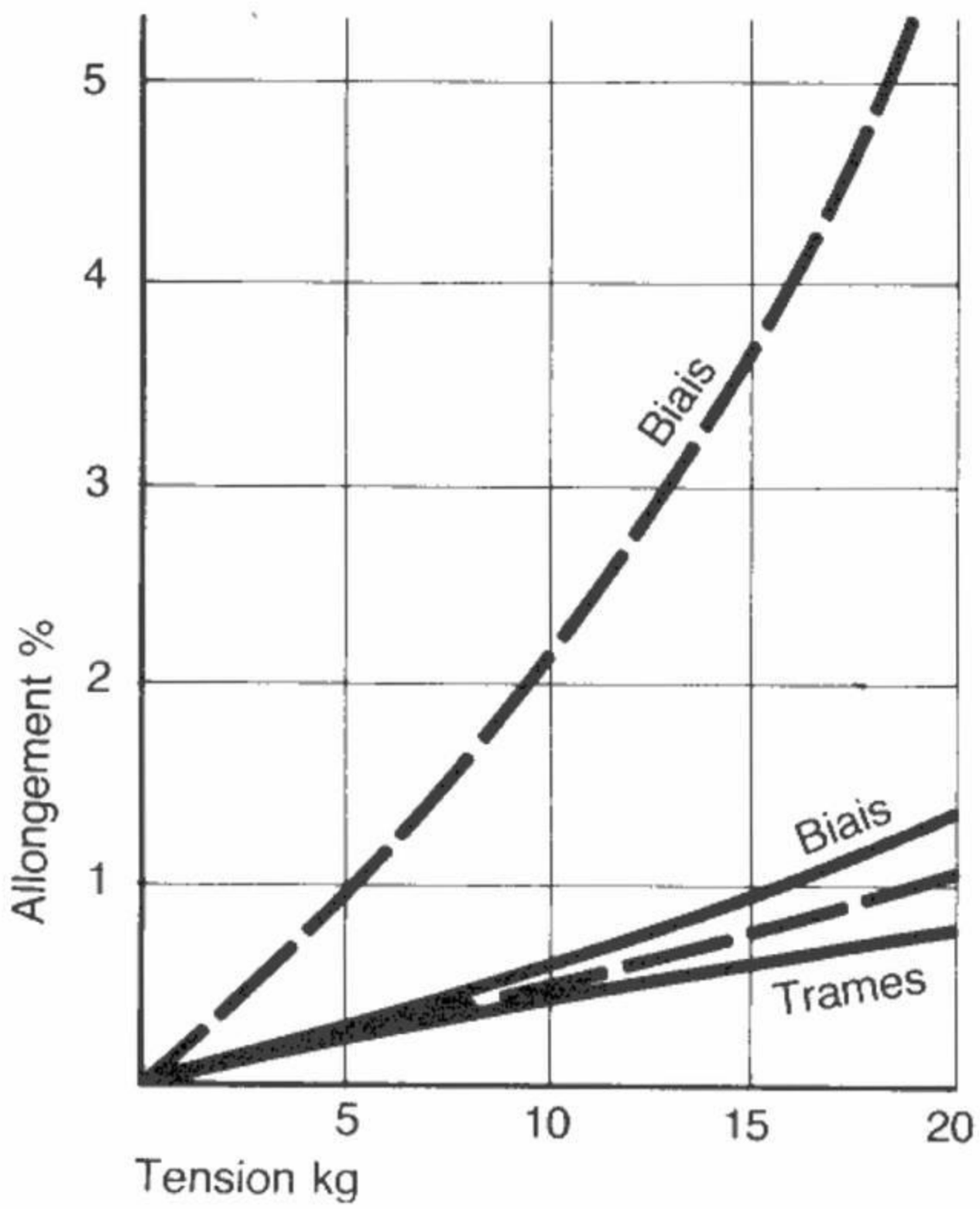


Figure 2-9. — *Allongements comparés d'un tissu Sailtiss* Déformation zéro (traits pleins) *et d'un tissu normal* (traits interrompus) *de 345 g/m²*.

classique de même poids. Ce procédé permet par ailleurs d'obtenir des tissus lourds irréalisables en simple pli, les facteurs de couverture restent aussi élevés que ceux des tissus classiques et il n'y a pas de ligne de faiblesse comme dans le *Syncroweave*.

L'apparition des voiles composites qui ouvrent des perspectives plus prometteuses semble avoir arrêté les recherches dans cette voie.

La finition

La toile brute ou « écrue » va être ensuite passée au manipulateur qui va tout d'abord la lessiver pour la nettoyer et éventuellement débarrasser le fil de son encollage (désensimage).

Viennent alors les traitements thermiques. Le passage à la rame qui consistait à chauffer progressivement la toile jusqu'à près de 200° sur des plateaux, puis à la refroidir en la maintenant latéralement sous tension par des picots ou des pinces, n'est plus utilisé que rarement. En effet, si vers les années soixante les fibres polyester acquéraient leurs qualités optimums par un traitement thermique avec étirage, il n'en est plus de même aujourd'hui. Les fibres *haute ténacité* subissent en effet un étirage d'origine très important qui leur confère une sorte de « trempe » d'où résulte une très grande résistance à la rupture mais pour un allongement si faible qu'elles deviennent trop fragiles. Le traitement thermique qu'elles subissent consiste alors simplement en une sorte de « revenu », un passage sur des cylindres chauffants au cours duquel la toile se rétracte assurant un blocage maximum de la croisure des fils.

Vient ensuite l'opération de calandrage.

Celui-ci consite à écraser le tissu entre des cylindres sous une très forte pression (jusqu'à 30 tonnes) et à une température (220° C environ) proche du point de collage. Le but est de bloquer les fils les uns dans les autres et de donner à la toile un aspect lisse. Cette dernière opération si elle tend à améliorer la stabilité de forme du tissu, fait par contre reperdre au fil une partie de ses qualités.

On procède alors au délésage de la toile, c'est-à-dire qu'on coupe les lisières pour donner à la toile une largeur définie et régulière.

A certains stades du traitement on effectue des imprégnations de résines. Il s'agit ici d'imprégnations à cœur qui s'effectuent par passage dans un bain de résine (généralement mélamine/formol) essorage puis séchage à température contrôlée. L'imprégnation est destinée principalement à boucher les pores de la toile pour en améliorer la stabilité et diminuer la porosité. Mais parfois elle ne

sert qu'à augmenter artificiellement le poids sans, bien sûr, de contrepartie sur la résistance. La qualité des résines est donc importante car sinon elles disparaissent plus ou moins rapidement sous l'effet de l'allongement, des pliages et des mouvements de la toile, et de plus elles peuvent provoquer un échauffement de la fibre et en diminuer les qualités.

Dans certains cas cependant, lorsque l'on recherche des tissus particulièrement indéformables — pour des focs étroits comme ceux des *Soling* par exemple — on pratique une enduction. Ces tissus baptisés *yarn tempered* sont très raides et ne peuvent être que difficilement mis dans des sacs. Les tissus *new yarn tempered* (N.Y.T.) sont encore plus raides que les premiers apparus *conditioned yarn tempered* (C.Y.T.). On ne peut réaliser avec eux des voiles à guindant réglable.

Cette enduction, à base de résines époxy ou polyuréthanes est destinée uniquement à réduire la différence d'allongement entre la trame et le biais. Ainsi le rapport de ces allongements qui serait de 1/3 pour une toile non traitée et de 1/2 pour une simple imprégnation passe à 1/1 après l'enduction. Dans tous les cas cependant il faut savoir que les résines perdent progressivement leur effet et que les toiles ayant subi une enduction ne devront jamais être soumises à des contraintes supérieures à celles pour lesquelles elles ont été prévues. Faute de quoi leurs performances chuteraient brutalement.

Il ne faut pas confondre ces imprégnations de résines avec les traitements aux silicones qui ont pour but d'hydrofuger le tissu, ce qui semble de peu d'intérêt étant donné le très faible pourcentage d'absorption d'eau du polyester.

Par contre il peut être intéressant d'appliquer des traitements anti-ultraviolets qui prolongent la vie du tissu. C'est ce que font maintenant tous les grands tisseurs comme Vectis, Hood pour son tissu Eclipse, North pour son Norsoft.

Pour le Nylon, par contre, l'imprégnation de résine, ou bouche-porage, est nécessaire. Elle permet en plus de la diminution de la porosité et de l'hydrofugation de protéger le fil des effets de la lumière. En effet, le Nylon jaunit très facilement et est très sensible à l'humidité.

Tous les traitements thermiques doivent être effectués avec la plus grande précision, les seuils de température étant très étroits.

A l'heure actuelle, on tend à réduire l'importance du calandrage afin d'obtenir des toiles plus souples donnant des voiles plus maniables plus sensibles aux variations du vent, plus *vivantes*.

Pour ne pas perdre sur la stabilité on augmente au tissage le

facteur de couverture et on diminue au maximum les traitements thermiques.

Selon leur plus ou moins grande souplesse les tissus sont souvent dénommés *soft*, *medium* ou *hard*.

La teinture

Le seul procédé de teinture réellement valable consisterait à colorer la fibre dans la masse. Malheureusement les quantités de fils utilisés sont trop faibles pour pouvoir envisager cette solution. Il en est de même pour la teinture sur fil qui présente par ailleurs l'inconvénient de se dégrader durant le tissage.

Il reste deux procédés : la teinture en pièce et l'imprégnation.

La première est de peu de qualité et se dégrade rapidement à l'usage. On la reconnaît assez facilement au fait que l'intérieur de la croisure entre les fils n'est pas coloré. Il suffit de détacher quelques fils pour s'en rendre compte.

L'imprégnation par des résines colorées reste donc le seul procédé valable. De la qualité de ces résines et des colorants, de la méthode d'imprégnation dépendent la durée de la teinture.

Le polyester reste de toute façon très difficile à teindre et seul le Nylon est proposé maintenant dans toute une gamme de couleurs destinées aux spinnakers, big-boys et trinquettes diverses.

Pour les toiles de Nylon, les rouges, et certains verts, sont les teintes qui assurent la meilleure protection contre les U.V.

Présentation

Les tissus à voiles synthétiques se présentent généralement en largeur de 1 yard (0,914 m) et en pièces de 50 mètres.

Il existe cependant des largeurs de 1 ou 2 pieds (0,30 et 0,60 m) et de 1/2 yard (0,45 m) en particulier pour les toiles lourdes.

Les poids sont donnés en grammes par mètre carré en France, en ounces par yard carré en Angleterre et en ounces par yard pour 28 pouces 1/2 (0,725 m), largeur standard des tissus américains.

Il faut donc multiplier le poids en ounces des tissus anglais par 34 et celui des tissus américains par 43 pour obtenir le poids en grammes par mètre carré.

Le tableau ci-dessous donne la correspondance des poids français, anglais et américains les plus couramment proposés.

TABLEAU 2-II

CORRESPONDANCE DES POIDS DES TISSUS AMÉRICAINS, ANGLAIS ET FRANÇAIS

Américains en ounces	Anglais en ounces	Français en g/m²
0,5	0,63	21
0,75	1,10	32
1,20	1,50	51
1,50	1,90	64
2	2,50	85
2,20	2,80	95
2,75	3,50	118
3	3,75	128
3,50	4,40	150
4	5,05	170
4,50	5,70	190
5	6,30	215
6	7,60	255
7	8,80	300
8	10,10	340
9	11,15	385
10,50	13,25	450

LES TISSUS COMPOSITES

Dès 1960 des essais avaient été tentés pour réaliser des voiles, en particulier des spinnakers, entièrement en film plastique. Les buts recherchés étaient alors essentiellement la réduction de la porosité et du poids.

En dehors de l'opposition de l'I.Y.R.U. (International Yacht Racing Union) qui ne reconnaissait, pour la fabrication des voiles, que les matériaux tissés, des difficultés étaient apparues du fait, soit d'un allongement trop élevé, soit au contraire d'un manque total d'élasticité et d'une raideur du film qui ne permettait pas à la voile de prendre sa forme ni de régler celle-ci par les moyens habituels. D'autre part ces films présentaient une très faible résistance à la déchirure.

De tous ceux essayés (P.V.C., polyéthylène, etc.), le plus prometteur semblait être un film polyester, le Mylar, « inventé » dans les laboratoires de Du Pont de Nemours aux Etats-Unis, en 1940 et commercialisé en 1952.

Ce film est également fabriqué sous licence dans d'autres pays

sous différentes marques (Terphane de S.L.C. en France, Melinex de I.C.I. en Grande-Bretagne, Hostophon de Kalle en R.F.A., etc.).

Dans la formulation qui, parmi la dizaine de variétés existantes, semble la mieux adaptée, sa résistance à la rupture est de 95 kg/mm^2 pour un allongement de 110 %, caractéristiques assez voisines de la fibre polyester et valable dans toutes les directions. Il existe une variété « étirée » dont les caractéristiques sont respectivement de 170 kg/mm^2 et 40 % dans le sens du laminage et 65 kg/mm^2 et 200 % dans le sens transversal ; la densité se situe entre 1,38 et 1,4, encore une fois pratiquement égale à celle de la fibre.

Il a par contre une mauvaise résistance à la déchirure et, du fait de sa transparence qui laisse pénétrer la lumière dans toute son épaisseur, sa dégradation en présence des rayonnements du soleil est plus rapide que pour un tissu.

Comme les métaux, le film polyester possède une limite élastique au-delà de laquelle il flue sans possibilité de retour à sa dimension originale.

Sa principale différence par rapport à un tissu est de résister immédiatement à l'effort, contrairement à ce dernier qui, du fait du croisement des fils se déforme avant même que la résistance des fibres entre vraiment en action.

L'idée est donc venue aux Américains, dans le cadre des recherches pour l'équipement des 12 m de la coupe de l'America, d'associer la résistance au déchirement d'un tissu avec la stabilité dimensionnelle du Mylar.

Les premiers composites mis au point par Lamport et North (1977), puis par Howe et Bainbridge (1979) étaient constitués d'un « sandwich » comportant comme âme soit un tissu de Dacron, soit un tissu à spi ou un non tissé en Nylon, collée entre deux feuilles de Mylar. Le poids total de 2 à 2,9 oz US comprenait de 12 à 50 % de Mylar. A l'époque le principal obstacle était constitué par la colle servant à l'assemblage qui représentait une part trop élevée du poids total et surtout n'assurait pas une tenue suffisante, entraînant des délaminages dès le moindre fasseyage ou lors des prises de ris.

Les progrès sont venus dès 1979 avec la mise au point d'une nouvelle colle. Sa résistance de 1,8 kg par centimètre de largeur contre à peine 0,1 kg pour les premiers produits a permis de résoudre cette difficulté. Parallèlement, la résistance au déchirement était améliorée.

Les fabricants, auxquels s'étaient joints Hood et Dimension, en collaboration avec North aux U.S.A. et Windmaster en Grande-Bretagne, se sont tournés alors vers une composition comportant

une seule feuille de Mylar collée à un tissu, d'abord en Nylon puis en Dacron.

La gamme des poids s'est étendue jusqu'à 5 oz US. On trouve également des compositions comportant une âme en Mylar collée entre deux tissus de Dacron, comme le composite de Storer au Canada qui existe en deux poids : 2,8 et 4,8 oz US, remplaçant des 4 et 6,5 oz en tissu de Dacron classique.

C'est cette formule qui, actuellement, semble la plus intéressante en assurant la protection du film contre les risques de déchirure et les rayons du soleil ; d'autre part l'ensemble est plus souple et conserve un aspect classique.

En France, Brochier et Fils, fabriquent des composites polyester-Mylar et Kevlar-Mylar dans différentes formules, de qualité comparable aux productions américaines.

Du fait de la dissymétrie de leur structure, les premières formules ont l'inconvénient de se bomber dans le sens transversal, c'est pourquoi on alterne les laizes. Par contre, en ayant toujours deux surfaces de Mylar en contact il est possible de coller les laizes avec du ruban adhésif double face avant de les coudre et la résistance au déchirement est meilleure. Depuis, des essais sont en cours pour remplacer totalement la couture par un collage ou une soudure à haute fréquence.

Ces tissus sont plus souples que les constructions en trois plis et ils peuvent être utilisés en double épaisseur lorsqu'on désire des poids plus élevés.

Mais une troisième génération de composites a vu le jour à l'occasion des épreuves de la coupe de l'America de 1981 avec un retour du Kevlar à la place du Dacron. Le Mylar apporte en effet au Kevlar le lien entre les fibres dont l'absence était la principale cause de déchirure.

Dans les tissus légers, l'armature n'est pas tissée mais est constituée de fils de Dacron en chaîne et de Kevlar en trame collés sur le film Mylar.

On atteint alors des valeurs d'allongement extrêmement réduites, de l'ordre de 50 à 60 % sur la trame et de 60 à 75 % sur la chaîne, pour un tissu comme le Laminar de Hood, par rapport à des tissus classiques. Ils sont donc, de préférence, employés pour les génois dont la forme n'est pas obtenue, comme celle d'une grand-voile, par la déformation du tissu. Ils peuvent par contre être utilisés comme doublage de la chute de celle-ci.

Le principal avantage de ces tissus est de permettre de couvrir une beaucoup plus large plage de forces de vent tout en permettant un gain de poids de l'ordre de 30 à 40 %. Ainsi, une voile en tissu Mylar

de 4,5 oz US (185 g/m^2) remplaçant un tissu classique de 6 oz US (255 g/m^2) peut être utilisée par des vents apparents de 7 à 20 nœuds sur un voilier de 12 m.

TABLEAU 2-III

TABLEAU D'UTILISATION DES GENOIS EN MYLAR DE NORTH

Poids en ounces US et coupe	Gamme de vent apparent en nœuds	
	Voiliers de 9 m	Voiliers de 12 m
2,5 oz horizontale	4 - 15	4 - 11
2,5 oz verticale	4 - 18	4 - 14
3,5 oz horizontale	5,5 - 18	5,5 - 14
3,5 oz verticale	5,5 - 22	5,5 - 17
5 oz horizontale	7 - 22	7 - 17
4,5 oz verticale		7 - 20
2 × 3,5 horizontale		9,5 - 20

En revanche, ils ne tolèrent aucun dépassement de la limite élastique sous peine d'être définitivement mis hors d'usage. De ce fait on admet qu'une voile en Mylar, si elle conserve sa forme optimum plus longtemps qu'une voile en tissu classique, a beaucoup de risques de voir sa durée de vie écourtée définitivement sur une fausse manœuvre.

Pour les grand-voiles, les tissus composites offraient l'avantage, en raison de leur raideur et de leur stabilité, de permettre des ronds de chute beaucoup plus importants que les tissus classiques. L'I.O.R. y a mis le holà en imposant des restrictions de largeur. Il n'en reste pas moins possible de couper la chute rectiligne entre les lattes extrêmes et les points de mesure.

Les tissus Kevlar-Mylar sont très bien adaptés à la réalisation des focs à grand allongement, ou Solent-jibs, utilisés pour les courses courtes entre bouées, qui sont pratiquées dans les régates des Ton Cup et de l'Admiral's Cup.

Dans tous les cas cependant, le risque de déchirement restant élevé, des renforts nombreux et particulièrement bien disposés doivent être prévus et des protections en tissu doivent être cousues ou collées sur tous les points de ragage.

En raison de leur raideur les voiles en tissu composite ne peuvent

être mises en sac et doivent être roulées et rangées dans des tubes de toile munis d'une fermeture à glissière sur toute leur longueur.

La protection contre les rayons ultraviolets reste également un point important qui nous a valu de voir des voiles vert armée, noires, or, etc.

Des traitements anti-ultraviolets efficaces restent un des sujets d'amélioration possible.

Le Mylar est entré également dans la composition de tissus pour spinnakers, comme le NorCon de North qui pèse moins de 20 g/m^2 contre 28 environ pour les Nylon dits de 0,5 oz US (21 g/m^2). Sur le film polyester sont collés des fils croisés non tissés, légèrement prétendus pour donner à l'ensemble l'élasticité nécessaire pour absorber les chocs des à-coups provoqués lors des déventements de la voile.

Il est bien évident que, malgré les progrès effectués dans la dernière décennie, d'autres améliorations sont encore à attendre, en particulier au niveau du prix, non pas tant du tissu, mais de la fabrication de la voile elle-même, qui doit inclure l'amortissement de la recherche et de l'expérimentation du voilier. De ce fait, et également en raison des caractéristiques particulières des composites, les voiles réalisées dans ces tissus sont encore réservées à l'élite de la haute compétition.

Cependant les prix des produits tissés croissant plus vite que celui des films, il est tout à fait possible d'envisager que ceux-ci se rejoignent et même s'inversent et que l'I.Y.R.U. soit amenée à réviser une position, d'ailleurs de plus en plus ambiguë, en autorisant l'utilisation de voiles fabriquées uniquement à partir de films*.

Néanmoins le croiseur aura tout intérêt à se tourner vers des tissus classiques traités contre les ultraviolets et dans les qualités *soft*, plus maniables.

LE CHOIX DE LA TOILE

Mis à part la question qualité que nous venons d'étudier longuement, il reste à déterminer le poids de base à adopter pour la confection de chaque voile.

* La position de l'O.R.C. est plus claire puisque cet organisme vient d'interdire, lors de son assemblée générale de novembre 82, l'emploi du Kevlar pour ses voiles.

Nous avons vu que, sauf pour le voilier dont les connaissances techniques permettront de mieux évaluer la valeur réelle du tissu, c'est le seul critère que l'on possède généralement.

Les valeurs ci-après sont données pour des toiles de qualité courante, mais pourront être réduites de 10 % environ pour des toiles de construction plus sophistiquée.

Nous avons vu également que la limite d'utilisation d'une toile donnée diminue avec la durée de l'effort. Un dériveur de promenade ne sera utilisé que quelques heures par jour pendant une partie des vacances et rarement par des vents supérieurs à la force 3 tandis qu'un bateau de compétition, avec les sorties d'entraînement et les régates, naviguera, par an, une bonne centaine de fois pendant 2 à 3 heures, parfois avec des vents supérieurs à 4. La différence entre eux est déjà grande. Elle l'est encore plus avec un voilier de croisière qui pourra facilement dépasser les 500 heures de mer. Il est vrai que pour ce dernier le temps de travail des différentes voiles d'avant, sera généralement réparti suivant les forces du vent. Mais il ne faut pas oublier que, pendant la plus grande partie de la saison où ces bateaux naviguent, les vents rencontrés ne dépasseront que rarement la force 4 ainsi que le montrent les statistiques.

Enfin, le rapport chute/bordure influera sur le poids du tissu, en particulier pour les focs. Lorsque ce rapport est élevé, la chute doit supporter les efforts d'une surface beaucoup plus importante de la voile et pour cela nécessitera une tension plus grande. Il sera donc nécessaire de prévoir un grammage plus fort.

On notera qu'en une quinzaine d'années les poids des tissus utilisés ont sensiblement augmentés, soit que les voiliers aient, à l'origine, été un peu trop optimistes sur les performances du matériau, soit que la raideur des bateaux et les efforts exercès sur les voiles aient sensiblement augmenté.

Examinons donc les différents cas.

Dériveurs légers de promenade et d'initiation

Les poids seront les mêmes pour les grand-voiles et les focs et oscilleront entre 105 et 130 g/m² pour des surfaces allant de 5 à 10 m².

Si vous prévoyez un spinnaker, celui-ci sera réalisé en Nylon de 40 g/m² environ.

A noter que pour le Vaurien et le 420, le poids fixé par les règlements de jauge est de 160 g/m².

Voiliers de promenade

Les surfaces un peu plus grandes, le moindre soin accordé aux voiles, demanderont un tissu plus fort, de 150 à 200 g/m² pour des surfaces allant jusqu'à 15 m² maximum. Le poids sera identique pour la grand-voile, le foc et le tourmentin.

Dériveurs et voiliers de compétition

Quelques exemples illustreront mieux les différents types que l'on peut rencontrer.

Il ne faut pas omettre de préciser que dans ce cas, il s'agira de toiles très spécialisées, construites pour une utilisation précise (grand-voile ou focs) et généralement fortement imprégnées et enduites, *hard* ou *yarn tempered.*

Pour les grand-voiles de 505 et F.D., dont la surface est de 11 à 12 m², on prend généralement un tissu N.Y.T. de 160 à 190 g/m². Les focs qui sont compris entre 4,50 m² et 6 m² sont en 130 à 210 g/m².

Sur les Soling la grand-voile, de 16 m², et le foc, de 8 m², sont réalisés en tissu de 210 g/m².

Pour les spinnakers de tous ces bateaux, le Nylon de 21 à 45 g/m² est normalement utilisé.

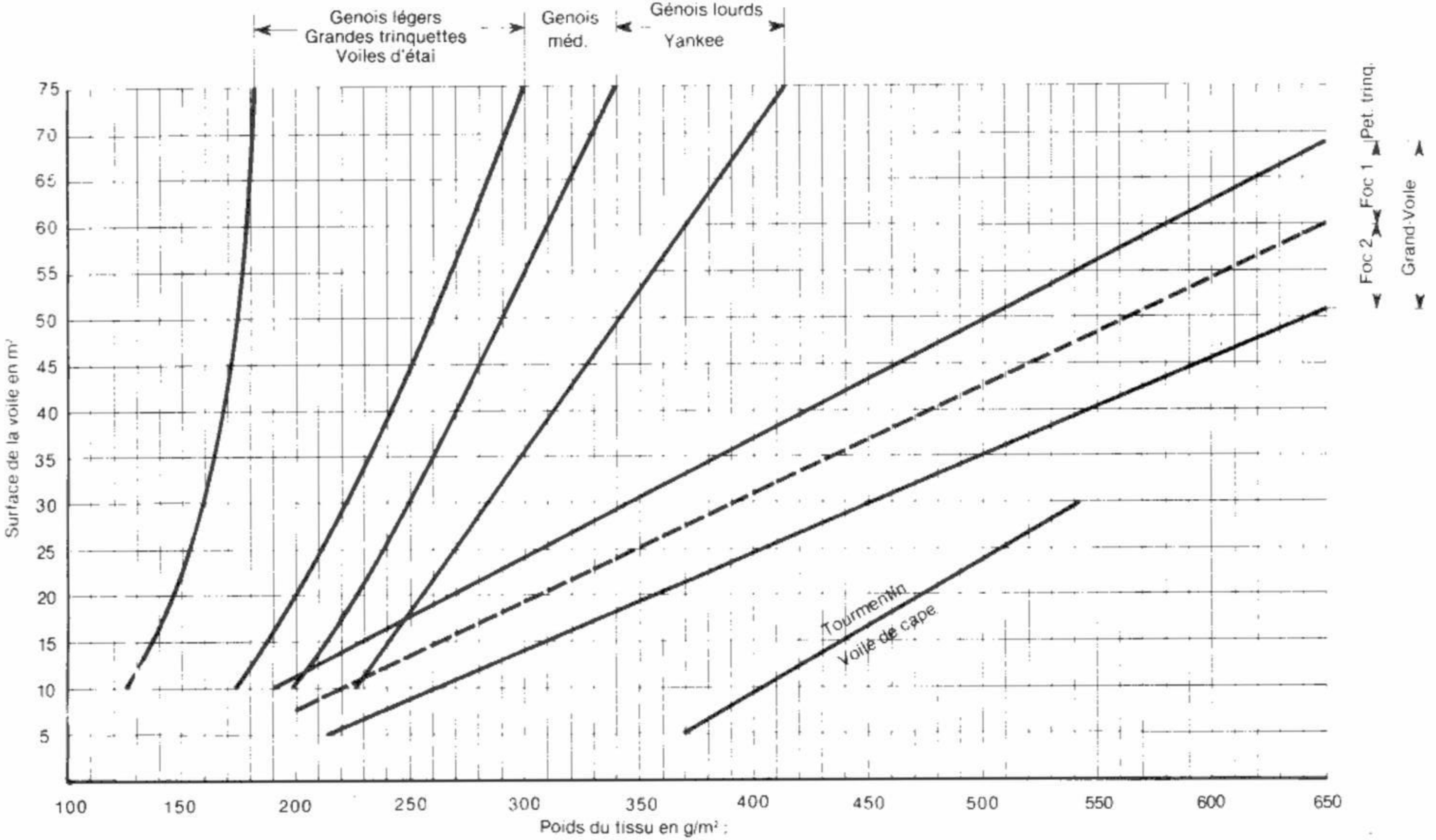
Au haut de l'échelle, les grand-voiles de 12 m J.I. étaient réalisées en tissu de 300 à 450 g/m² souvent en double pli tandis que pour les génois les poids variaient de 125 à 380 g/m², et pour les spinnakers et trinquettes de spinnakers de 21 à 64 g/m². Les spinnakers de gros temps sont en 75 g/m², mais les *floaters* en polypropylène descendent jusqu'à 18 g/m². Depuis 1980, les tissus composites ont encore permis des gains appréciables.

Voiliers de croisière

Il faut distinguer nettement les voiliers habitables, petits et moyens, qui se limitent à la croisière côtière et les véritables voiliers de croisière hauturière.

Pour les premiers, les poids seront sensiblement supérieurs à ceux des bateaux de promenande : 250 à 300 g/m² pour les grand-voiles et focs jusqu'à 15/18 m² et les tourmentins, et 230 à 280 g/m² pour les génois jusqu'à 25 m² environ.

Pour les voiliers de croisière hauturière, le problème est plus complexe.


Genois légers
Grandes trinquettes
Voiles d'étai
Genois
méd.
Génois lourds
Yankee
Pet. trinq.
Foc 1
Foc 2
Grand-Voile
Tourmentin
Voile de cape
Surface de la voile en m²
75
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
100
150
200
250
300
350
400
450
500
550
600
650
Poids du tissu en g/m² :

Le choix du tissu dépend alors en effet de nombreux facteurs. En plus de la durée d'utilisation, les lieux de navigation, la raideur du bateau qui retardera plus ou moins les réductions de voilure, le désir de conserver la voilure en état le plus longtemps possible, sont des facteurs d'augmentation du poids.

Il n'est pas par conséquent, possible d'établir une valeur fixe, mais une fourchette dont le graphique de la *figure 2-10* définit les limites en fonction de la surface de la voile.

De toute façon, on peut considérer que des voiles utilisées en même temps pour une force de vent donnée seront de même poids à *surface égale* (la grand-voile étant comptée pour la surface totale ou réduite correspondant aux autres voiles utilisées simultanément).

Ce sera donc normalement le cas pour les grand-voiles, artimons de ketch, yankees, focs n° 1, n° 2, tourmentins et trinquettes.

Par contre, si l'équilibre normal du bateau est obtenu avec la grand-voile et le génois, ce sont ces deux voiles qui seront de poids équivalents, les autres étant plus lourdes, toujours à *égalité de surface.*

Les voiles d'étai de ketch seront de même poids que les trinquettes de spinnakers équivalentes ou que les génois les plus légers.

Voiliers de course au large

Le principe de base reste le même : à surface égale poids égal pour toutes les voiles utilisées en même temps pour une force de vent maximum donnée.

Il faut remarquer cependant que pour la plupart des bateaux modernes pouvant tenir leur génois lourd jusqu'à force 4, celui-ci sera de poids équivalent à la grand-voile. Les génois et trinquettes supplémentaires étant de poids progressivement réduits.
duits.

Dans l'ensemble, les valeurs seront cependant légèrement plus faibles que pour la croisière, car on a intérêt à diminuer au maximum le poids des voiles qui influe de façon importante sur la stabilité et les mouvements du bateau *(fig. 2-11).*

Lorsque l'on dépasse des surfaces de 75 m^2 il ne devient plus possible de disposer, sauf pour les génois légers et n° 1 de toiles assez fortes et l'on est conduit à réaliser les voiles en double pli.

On arrive ainsi, pour les « maxis », voiliers de 20 m et plus, possédant des génois d'environ 200 m^2 et des grand-voiles de 100 m^2, à utiliser deux plis de 275 à 320 g/m^2 pour les génois, focs, reacher,

trinquettes et voiles d'étai et deux plis de 320 g/m^2 pour les grand-voiles.

A titre d'exemple, voici les garde robes de trois voiliers de compétition. Le tableau 2-III correspond à une one-tonner, le 2-IV au two-tonner *Williwaw*, vainqueur du S.O.R.C. en 1979 et le 2-V au maxi australien *Bumblebee IV*.

Ces poids correspondent bien sûr à des voiles en tissu polyester classique. Nous avons vu que les composites permettaient de réduire ces valeurs de 20 à 30 %. D'autre part, les nouvelles constructions de génois à laizes verticales ou de grand-voiles à chute renforcée, font intervenir des variations de poids du simple au double entre les parties les moins chargées (centre et amure) et les plus chargées (chute) de la voile.

TABLEAU 2-III

GARDE-ROBE D'UN ONE-TONNER CLASSIQUE

Grand-voile	330 g/m^2	Spinnakers	
Drifter et voile d'étai	32-90 g/m^2	Super léger (radial head)	21 g/m^2
Génois léger, reacher et trinquette haute	130-230 g/m^2	Léger vent arrière «	32 g/m^2
		Léger tous usages (triradial)	32 g/m^2
Génois lourd n° 1	230-275 g/m^2	Lourd « « «	64 g/m^2
n° 2	255-295 g/m^2	Réduit	125 g/m^2
n° 3 et tourmentin	340-380 g/m^2	Big-boy	32-64 g/m^2

TABLEAU 2-IV

GARDE-ROBE DE WILLIWAW (TWO-TONNER)

Grand-voile	340 g/m^2	Spinnakers	
Drifter	32 g/m^2 D	Spi léger de largue (radial head)	21 g/m^2
Génois léger	180 g/m^2	Spi méd. « (triradial)	32 g/m^2
Génois lourd n° 1	275 g/m^2	Spi lourd « (triradial)	64 g/m^2
n^{os} 2-3-4	340 g/m^2	Spi lourd de V.A. (triradial)	64 g/m^2
n° 5	380 g/m^2	Starcut réduit	64 g/m^2
Trinquette haute	140 g/m^2	Big-boy	32 g/m^2
Voile d'étai	180 g/m^2		
Petite voile d'étai	64 g/m^2 D		

D : traitement Dynac.

TABLEAU 2-V

GARDE-ROBE DE BUMBLEBEE IV
(CLASSE I IOR)

Grand-voile	2 × 320 g/m²	Spinnakers	
Drifter	275 g/m²	Super léger (triradial)	32 g/m²
Génois légers	2 × 275 g/m²	Léger (triradial)	64 g/m²
Génois lourds nos 1 à 5	2 × 330 g/m²	Lourd (triradial)	90 g/m²
Reacher et trinquette haute	330 g/m²	Mini (triradial)	90 g/m²
		Big-boy	51-90 g/m²
Voile d'étai	180 g/m²		

Par ailleurs il est très difficile de définir a priori un poids précis de tissu celui-ci dépendant essentiellement de la raideur du bateau et des conditions de temps le plus couramment rencontrées. Quel que soit le critère dimensionnel adopté, longueur hors tout, à la flottaison, surface des voiles, les valeurs données ne peuvent être qu'indicatives et doivent être corrigées selon les conditions.

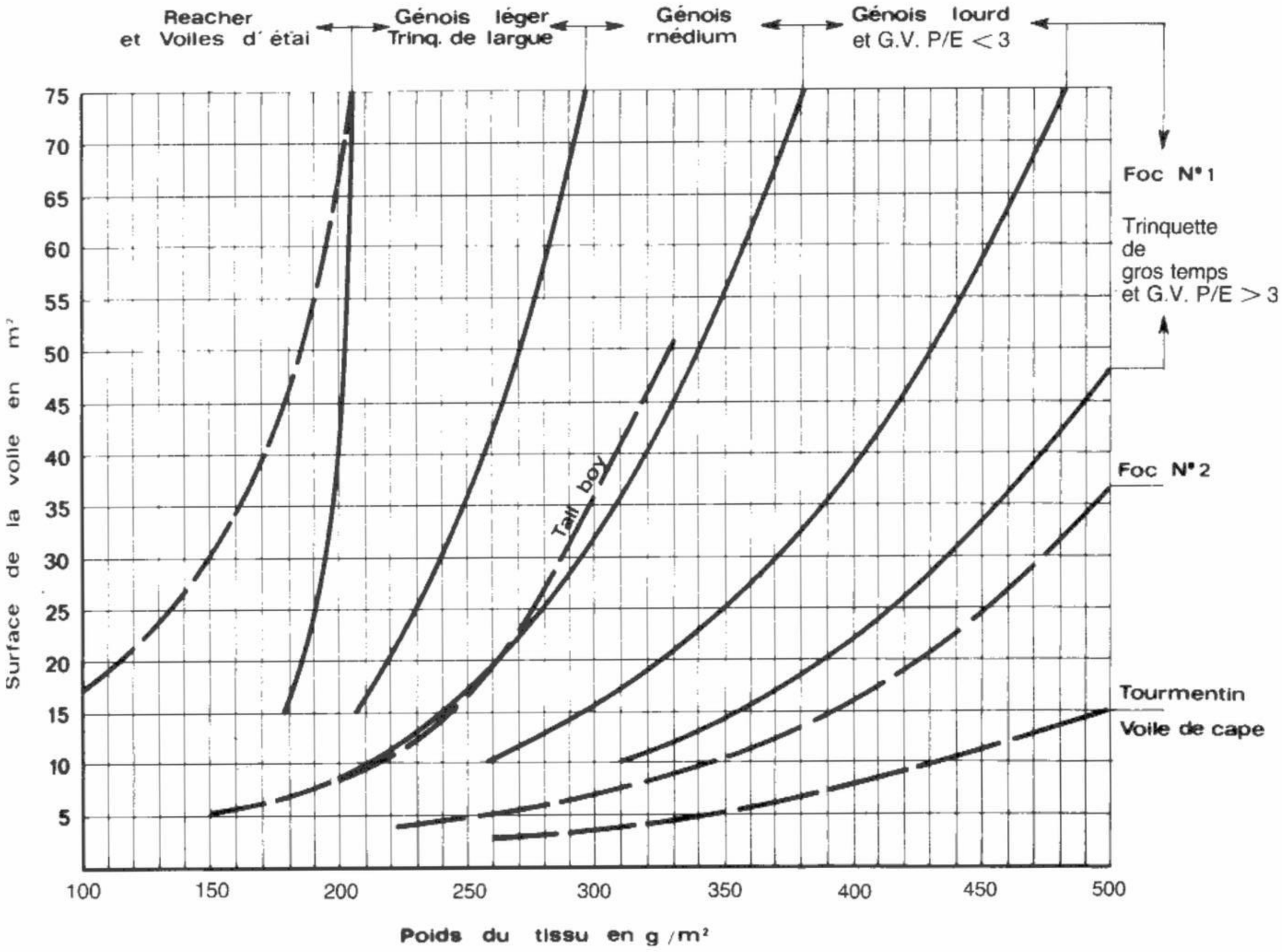
De plus, la gamme plus grande de voiles permet une adaptation plus précise à la force du vent. Mais attention, si une voile a été prévue pour une force de vent donnée, sous aucun prétexte il ne faudra dépasser celle-ci sous peine de la voir déformée à jamais. Ce genre d'accident risque le plus souvent de se produire la nuit et certains préconisent de fixer l'écoute sur la voile par un bout ayant juste la résistance pour tenir jusqu'au maximum prévu et casser en cas de dépassement.

Ceci est particulièrement nécessaire pour les *drifters*, dont le poids est inférieur à 100 g/m² et qui ne peuvent être utilisés que par des vents inférieurs à la force 2.

Pour les *reachers*, on prendra la valeur correspondant à la force de vent immédiatement inférieure : par exemple, un reacher utilisé par la même force de vent que le génois lourd sera d'un poids correspondant à celui donné par la courbe du génois médium.

La trinquette utilisée avec le drifter ou le reacher sera par contre de valeur immédiatement supérieure, c'est-à-dire que celle d'un drifter sera prise sur la courbe du génois léger et celle d'un reacher sur la courbe du génois médium ou du génois lourd selon la limite de force de vent déterminée.

Le *tall-boy* sera pris en moyenne sur la courbe des génois médium. Si l'on en prévoit deux, le plus léger (pour le vent arrière) sera pris à mi-distance entre les courbes des génois légers et des


Reacher
et Voiles d'étai
Génois léger
Trinq. de largue
Génois
rnédium
Génois lourd
et G.V. P/E < 3
Foc N° 1
Trinquette
de
gros temps
et G.V. P/E > 3
Foc N° 2
Tourmentin
Voile de cape
Tall boy
Surface de la voile en m²
75
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
100
150
200
250
300
350
400
450
500
Poids du tissu en g /m²

génois médium et le lourd à mi-distance entre les courbes des génois médiums et des génois lourds.

Il est assez rare que les surfaces prévues à l'origine correspondent exactement au meilleur équilibre pour les différentes forces de vent. Il faudra donc, avant de compléter le jeu de voiles, déterminer exactement ces surfaces pour choisir la toile qui leur convient.

Les *voiles d'étai* des yawls sont sensiblement de même poids que les génois les plus légers ou que les spinnakers.

Pour les *spinnakers*, ce n'est pas tant la surface que la force de vent pour laquelle ils seront utilisés qui déterminera le poids du tissu. Pour les petits airs, un spinnaker de 18 g/m² et de surface réduite portera toujours mieux qu'un spinnaker maximum mais de poids plus lourd. Il ne sert à rien d'avoir une voile immense si son poids total l'empêche de se remplir.

Cependant, dès que le vent est assez fort la surface et le poids pourront croître parallèlement, celui-ci passant progressivement à 35, 50, 65 et 95 g/m² environ pour des surfaces maximums de 25, 50, 100 et plus de 200 m². A ce moment la brise sera trop forte pour conserver la surface maximum qui devra être réduite. On pourra alors remplacer, pour ces spinnakers lourds, le Nylon par le Tergal et les poids augmenteront d'un point avec un maximum de 150 g/m².

De même, les spinnakers de largue et surtout les *spankers* pourront être un point au-dessus du poids des spinnakers normaux ainsi que leur trinquette.

3. Tracé et fabrication des voiles

Ce chapitre n'a nullement la prétention d'être un traité de voilerie. Cependant pour mieux comprendre ce qui fait la valeur d'une voile, non seulement dans sa coupe et le rendement que l'on en obtient, mais aussi dans la qualité du travail du voilier et des finitions, je crois qu'il est bon de savoir comment elle est faite, pour quelle raison telle ou telle forme de coupe ou solution de montage a été adoptée.

Ayant une meilleure connaissance de ces problèmes, vous serez tentés de prendre vos voiles, de les observer plus en détail et ainsi de mieux les apprécier.

D'autre part, sachant comment elles sont fabriquées, vous serez mieux à même d'en assurer l'entretien et d'exécuter les quelques réparations de routine grâce auxquelles vous pourrez prévenir des ennuis graves.

Enfin, pour celui qui serait tenté de se tailler une voile — et combien de voiliers n'ont-ils pas débuté ainsi ? — le nombre d'éléments est suffisant pour aboutir, avec un peu de soin et de patience, sinon à un résultat parfait, tout au moins encourageant.

PRINCIPES GÉNÉRAUX DU TRACÉ DES VOILES

Une voile n'est pas une surface développable que l'on pourrait obtenir en partant d'un quelconque matériau en feuille.

Sa forme est constituée d'un ensemble de courbures tant dans les sections horizontales que verticales qui lui permettent de devenir un profil aérodynamique.

C'est pourquoi son tracé ne se limite pas à celui d'un simple triangle et que chaque panneau de tissu ou laize doit avoir une forme particulière.

. Cette forme, induite dans la coupe de la voile, ne prendra

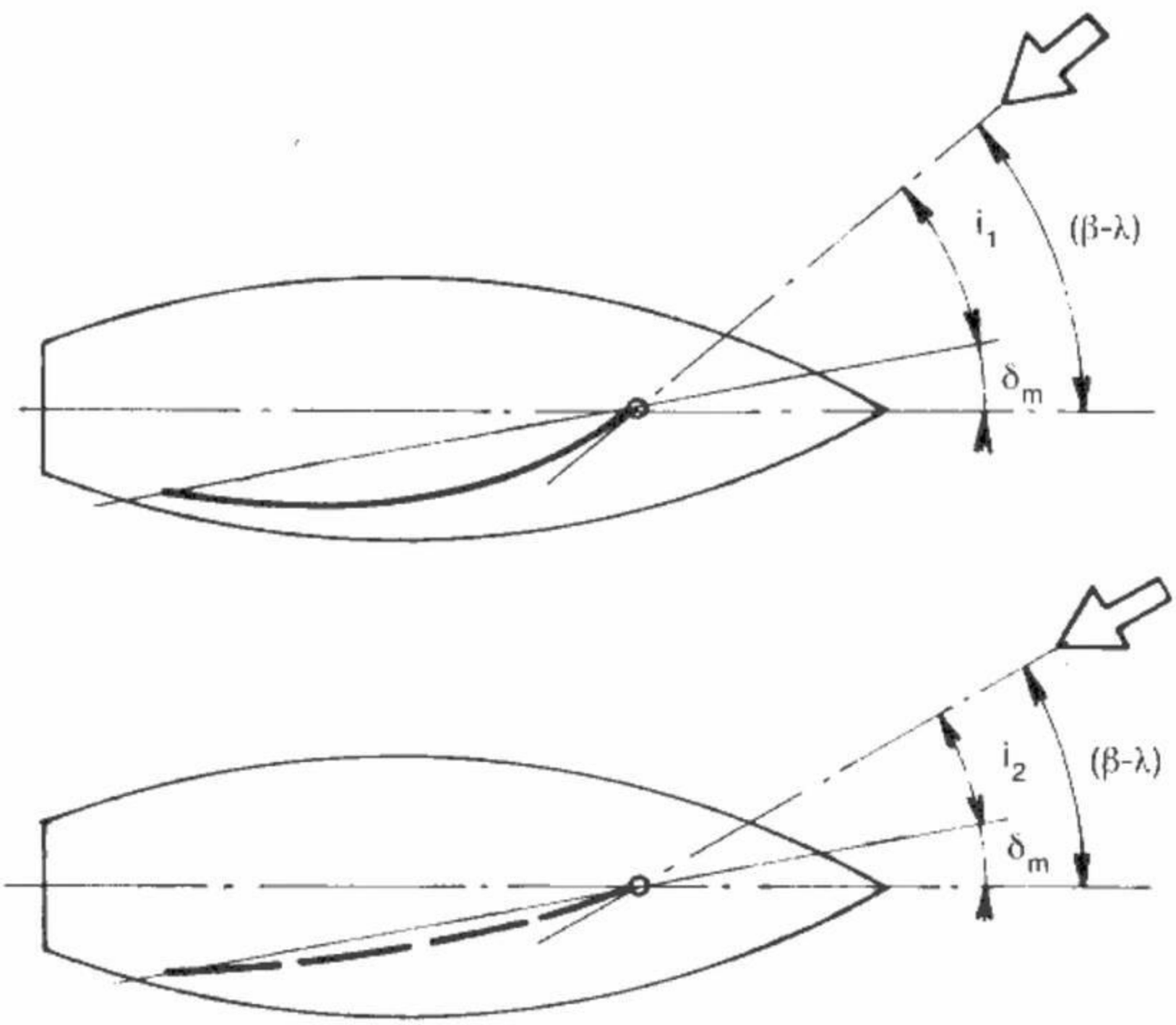


Figure 3-1 — *Pour un même angle de la bôme une voile plus creuse ne pourra pas travailler à un angle d'incidence i_1, aussi faible qu'une voile plus plate i_2. L'angle par rapport au vent apparent $(\beta-\lambda)$ sera également plus important.*

cependant son aspect définitif que sous l'effet des efforts développés dans la voile placée en présence du vent.

Voyons plus en détail quels sont ces deux éléments qui régissent le tracé :

— la forme de la voile;
— sa déformation par les tensions exercées dans le tissu constituant la voile.

Forme des voiles

Il n'est pas question ici d'entrer dans le détail d'une étude aérodynamique des voiles*. Il est bon cependant de rappeler quelques-uns des facteurs influant sur le rendement d'une voile ou la combinaison de deux voiles et leur répercussion sur la forme de celles-ci.

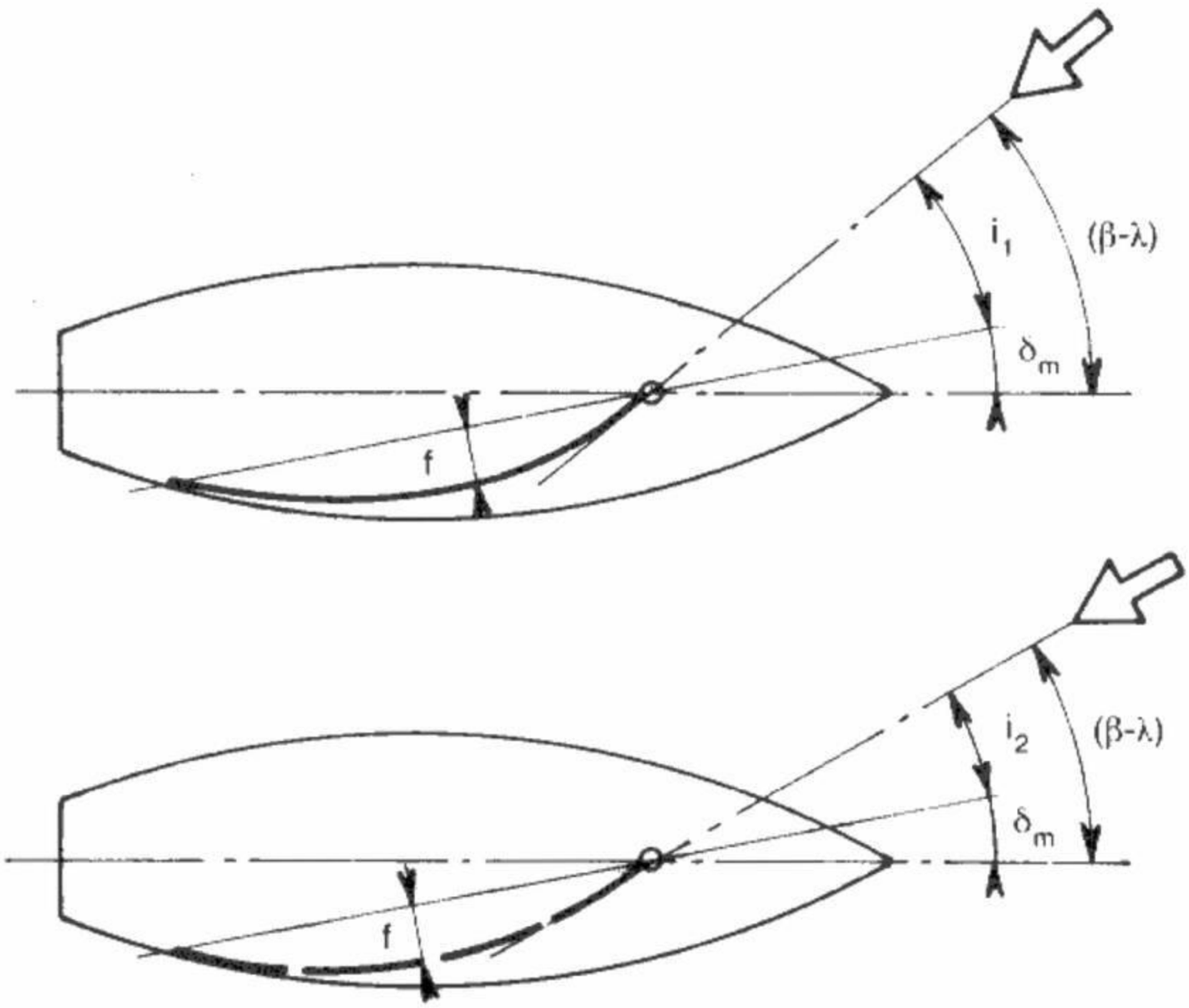


Figure 3-2 — *En reculant le creux maximum f on peut réduire l'angle d'incidence et par conséquent celui du vent apparent.*

---

* On se reportera pour cela au tome I d'Architecture du voilier par P. Gutelle (Emom).

Si l'on considère une voile unique, plus elle est creuse, c'est-à-dire plus ses sections horizontales sont concaves, plus grande est la force aérodynamique qu'elle développe. Cependant une première limite sera imposée à cette courbure par l'angle d'incidence que la voile peut supporter sans fasseyer *(fig. 3-1)* et qui limitera l'angle de remontée dans le vent.

Une amélioration peut être apportée sur ce point en reculant la position du creux maximum *(fig. 3-2)*. On pourra ainsi soit conserver le même cap mais augmenter la vitesse en utilisant une voile plus creuse, soit réduire l'angle d'incidence et par conséquent améliorer la remontée dans le vent en conservant la même vitesse.

Généralement la première possibilité sera utilisée par mer agitée où l'on aura besoin de plus de *réserve de puissance,* alors que la seconde sera préférée en eaux plates, bien que les caractéristiques propres de chaque bateau puissent modifier ces choix.

Toutefois, si le vent est variable en force, conduisant à des modifications continuelles de l'angle du vent apparent, un creux placé sur l'avant donnera des possibilités d'accélération plus grande. Par ailleurs une voile plus plate sur l'arrière aura une composante latérale plus faible qui fera moins gîter le bateau et le rendra moins ardent.

Par contre du fait de la présence du mât la partie avant d'une grand-voile ne peut travailler dans des conditions normales permettant de bénéficier pleinement de l'avantage d'un creux avancé.

Il n'en est pas de même pour un foc et nous verrons l'avantage que l'on peut en tirer dans la combinaison des deux voiles.

Un élément limitera de façon impérative le creux maximum admissible, c'est la force du vent. En effet une fois atteint l'angle de gîte optimum du bateau et épuisé toutes les possibilités de rappel évitant de le dépasser il faudra obligatoirement diminuer la force latérale développée, sans réduire la force propulsive *(fig. 3-3)*. Il faudra donc pouvoir diminuer l'angle d'incidence sans que la voile fasseye et pour cela réduire le creux.

Le compromis auquel on sera contraint d'aboutir tiendra donc dans les limites suivantes :

— creux important : plus grande puissance, favorable en eau agitée, mais angle de remontée au vent augmenté, bateau plus gîté et plus ardent ;

— creux réduit : meilleur angle de remontée au vent en eau plate, bateau demandant moins de stabilité et moins ardent ;

— creux avancé : meilleure accélération par vent variable en force mais même défaut qu'un creux important sauf pour la gîte et l'équilibre du bateau.

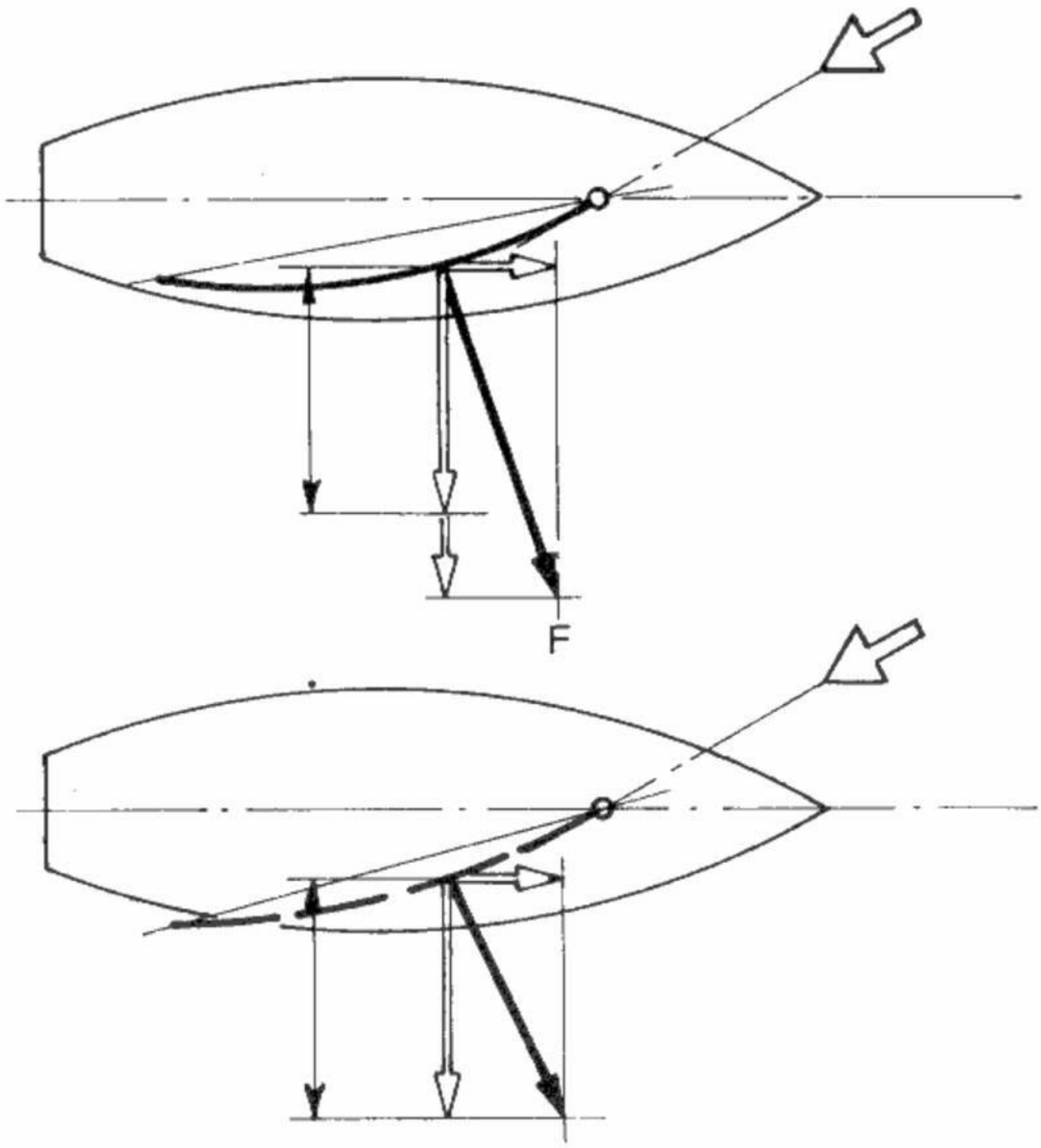


Figure 3-3 — *Une réduction du creux accompagnée d'une augmentation de l'angle de la bôme permet, sans réduire la force propulsive, de maintenir la force latérale au maximum que peut admettre la stabilité du voilier.*

Les conditions restent sensiblement les mêmes lorsque l'on considère la combinaison de deux voiles, compliquées cependant par leur interaction. On sait que celle-ci a essentiellement pour effet d'accélérer la circulation de l'air sous le vent du foc et par conséquent d'en améliorer le rendement. Mais en revanche le fait que la veine d'air soit défléchie successivement par les deux voiles place celles-ci à des angles d'incidence faibles *(fig. 3-4)*.

Pendant longtemps on a consciemment ou non ignoré l'importance du rendement propre du foc et la combinaison des deux voiles se faisait en partant du réglage de la grand-voile et en donnant à celle-ci la prééminence. Les grand-voiles étant très creuses sur l'avant, les focs devaient être plats et bordés très à l'extérieur avec

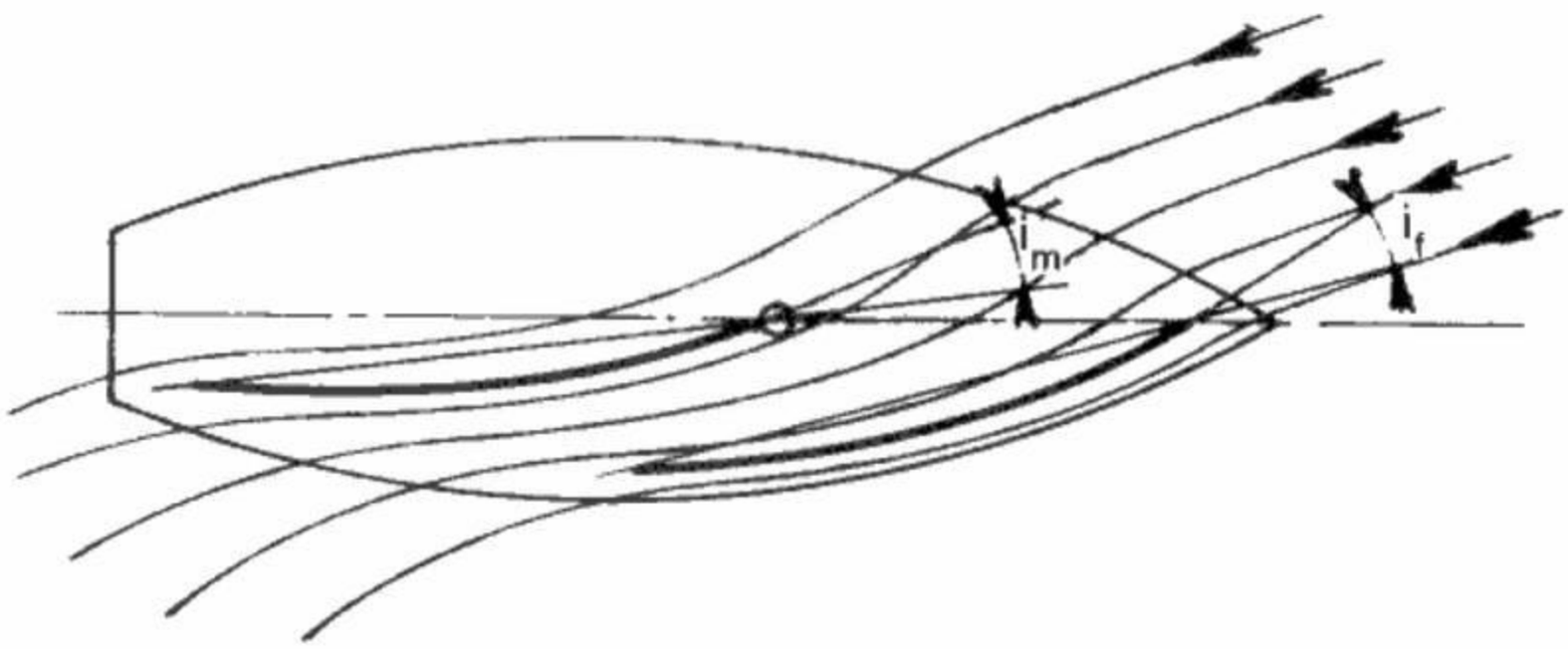


Figure 3-4 — *La grand-voile se trouvant dans une veine d'air défléchie par le foc doit être bordée plus à l'intérieur pour conserver un angle d'incidence convenable.*

un angle d'incidence faible pour conserver une ouverture suffisante entre les deux voiles *(fig. 3-5)*.

On s'est cependant aperçu progressivement qu'en utilisant une grand-voile moins creuse, surtout sur l'avant, il était possible de rentrer vers l'intérieur les filoires de foc sans réduire l'ouverture

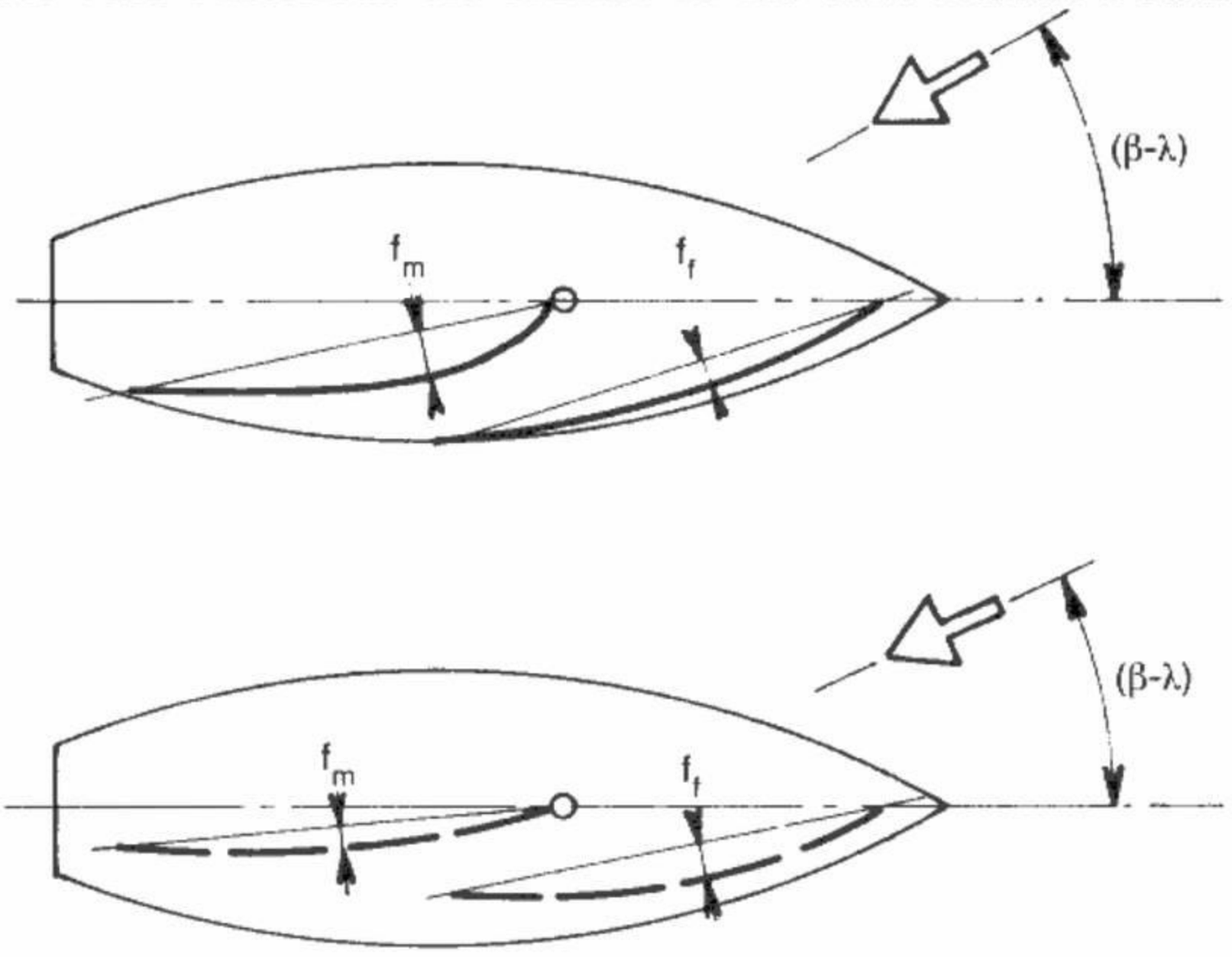


Figure 3-5 — *En haut, ancien réglage : grand-voile creuse sur l'avant, foc plat et angles avec l'axe du bateau importants ; en bas, nouveau réglage : grand-voile à creux réduit et reculé, foc plus creux, angles avec l'axe réduits. On gagne sur l'angle du vent apparent (β-λ) sans réduire la force propulsive totale.*

entre les voiles et d'augmenter le creux du foc, surtout sur l'avant, ainsi que son angle d'incidence et par conséquent sa force développée. Le tout, par un meilleur équilibre du rendement des deux voiles (ce qui était perdu sur la grand-voile étant largement regagné sur le foc) a permis de gagner sur l'angle de remontée dans le vent. La tendance la plus récente est de reculer légèrement le creux du foc (vers 40 %) pour augmenter encore l'angle d'incidence.

Pour les grand-voiles en liaison avec un foc ne montant pas en tête il faut remarquer que la forme est totalement différente entre la partie en relation avec le foc et celle située au-dessus.

L'angle du vent apparent, non défléchi par le foc, est plus ouvert, le haut de la grand-voile pourra donc être plus creux ou plus ouvert que la partie basse. Mais il sera dans ce domaine généralement plus difficile d'éviter d'aller trop loin dans ce sens du fait du dévers naturel de la voile et de sa déformation sous l'effort.

Tout ce que nous venons de dire définit en effet la forme que les voiles doivent acquérir en fonctionnement. Pour aboutir au résultat correct il faudra donc pouvoir évaluer les déformations qu'elles subiront au fur et à mesure de l'accroissement des efforts, déformations qui seront liées au gréement mais surtout au tissu.

Déformation du tissu

Nous avons vu que le tissu n'était pas un matériau rigide et indéformable, par conséquent la voile ne prendra sa forme réelle qu'après une certaine déformation de celui-ci, provoquée par les tensions qui y sont développées.

Il est donc indispensable pour pouvoir établir le tracé d'une voile et la meilleure disposition des laizes, de connaître les caractéristiques d'allongement du tissu et d'avoir une idée assez précise de la valeur et de la répartition des efforts sur la surface de la voile.

Nous avons vu au chapitre consacré au tissu que la déformation n'avait pas la même valeur selon que l'effort était dirigé suivant la chaîne, la trame ou le biais et en particulier qu'elle était plus importante dans cette dernière direction.

Une éprouvette de tissu étiré dans le sens des fils (chaîne ou trame) s'allongera par exemple de 2 % et il se produira un rétrécissement de 1 % environ dans le sens perpendiculaire à l'effort *(fig. 3-6)*. Ce raccourcissement est dû au fait que les fils tendus essayent de se rapprocher de la ligne droite, obligeant les fils transversaux à augmenter leur déformation.

efforts mécaniques nécessaires pour maintenir la voile à la forme et à l'angle désirés, les seconds étant la conséquence directe des premiers.

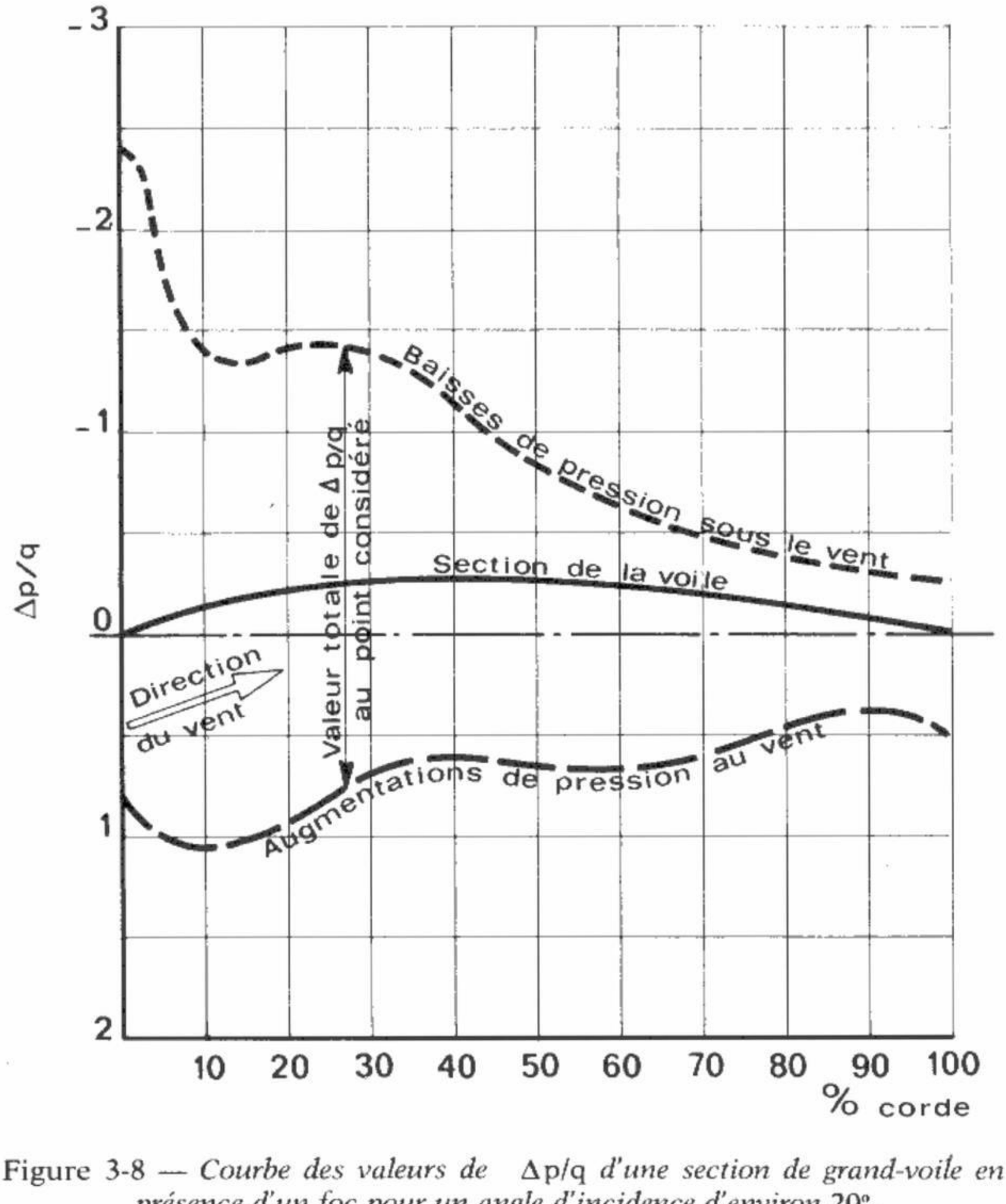


Figure 3-8 — *Courbe des valeurs de* Δp/q *d'une section de grand-voile en présence d'un foc pour un angle d'incidence d'environ* 20°.

Efforts aérodynamiques

Ceux-ci sont relativement faibles, ils dépendent du type de la voile et de sa coupe, ainsi que de sa courbure au point considéré.

L'effort exercé par le vent en chaque point de la voile est égal à la pression dynamique q kg/m² = $\varrho/2 \times V^2 = 0{,}063\ V^2$ multipliée par un cœfficient $\Delta p/q$ correspondant à la valeur relative des pressions sur les deux faces de la voile au point considéré. V étant la vitesse et ϱ la masse spécifique de l'air.

La courbe de la *figure 3-8* est un exemple des valeurs de $\Delta p/q$ sur une section d'une grand-voile en présence d'un foc pour un angle d'attaque de 20° et une courbure de 1/15.

La forme de la courbe et sa valeur maximum varient en fonction de l'angle d'attaque, de l'importance de la courbure et de la position du creux maximum. Il ne semble pas que la valeur maximum de $\Delta p/q$ soit supérieure à 3 pour une grand-voile en présence d'un foc. Par contre, cette valeur peut dépasser 5 pour un foc seul et tomber à 2,5 pour une grand-voile seule.

Il ne faut pas confondre $\Delta p/q$, relatif à chaque point de la voile, avec le coefficient global C définissant la force latérale développée par l'ensemble de la voile et dont la valeur est beaucoup plus faible.

L'effort exercé par le vent sur la voile est donc équilibré par une tension dans le tissu répartie suivant la décomposition de la *figure 3-9* et sera d'autant moins forte que la courbure sera plus accentuée.

Si, *a priori*, on suppose que la tension est répartie régulièrement autour du point considéré, l'effort par unité de largeur : T kg/m sera

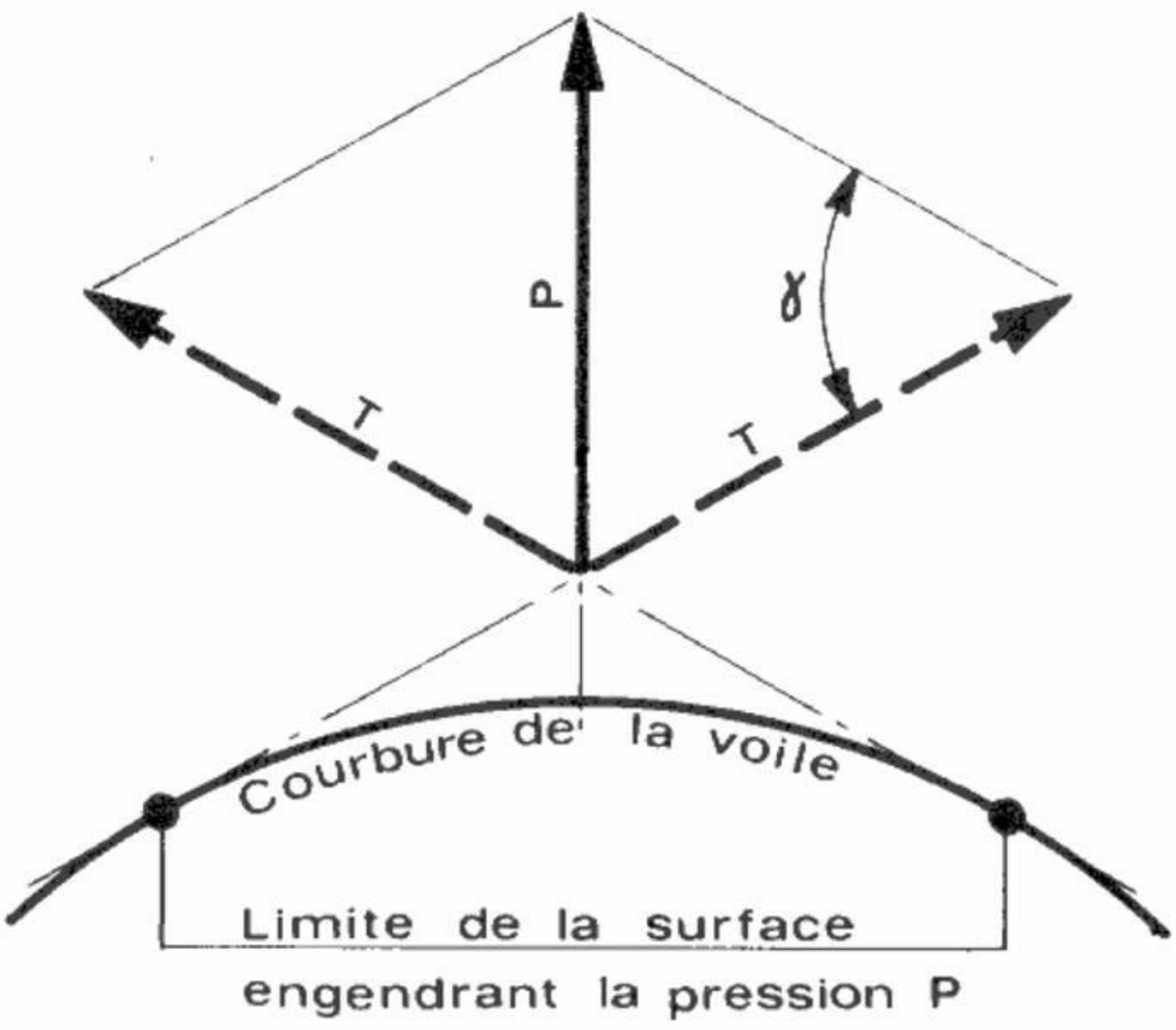


Figure 3-9 — *Décomposition de la poussée aérodynamique P en tensions T dans la surface correspondante de la voile.*

égal à P/3,55 sin $\alpha/2$ (3,55 étant la circonférence d'un cercle de 1 m²).

Rappelons que α = 30° pour une courbure de 1/17
40° pour une courbure de 1/11
50° pour une courbure de 1/9
60° pour une courbure de 1/7,5

Exemple : sur une grand-voile en présence d'un foc, en un point situé à 25 % de la corde où la courbure serait égale à 1/7,5, avec un vent de 10 m/s (force 5) et un angle d'incidence de 20°, nous trouverons :

$P = 0{,}063 \times 100 \times 3 = 19$ kg/m².

$T = 19/3{,}55 \sin 30° = 10{,}7$ kg/m.

On peut se livrer au même calcul en différents points de la voile en tenant compte de la variation de la courbure et du coefficient de pression à l'endroit considéré.

On remarque sur une section transversale que, aux endroits les plus courbes, les pressions sont les plus fortes, en sorte que les tensions dans le tissu sont réparties de façon relativement uniforme sur l'ensemble de la voile.

Cependant, en fait, la répartition des composantes de traction dans le tissu ne s'effectue que rarement suivant une forme circulaire, mais plutôt suivant une forme plus ou moins elliptique. Une des principales causes de cette déformation étant due aux différences de courbure dans les plans horizontaux et verticaux. C'est le cas en particulier des voiles d'avant et des voiles à grand allongement. L'ellipse de répartition des tensions devient alors tellement aplatie que T tend vers P/sin $\alpha/2$.

Le voilier sera donc dirigé, dans le choix de la disposition des laizes et dans le tracé de la voile, par la connaissance de la valeur et de la direction des tensions dans la voile.

Efforts mécaniques

Les résultantes des tensions dans le tissu se transmettent jusqu'aux trois côtés de la voile où elles doivent être équilibrées par des résistances de même valeur. Sur le mât et la bôme, ces efforts se décomposent *(fig. 3-10)* d'une part, suivant une direction parallèle à l'espar, où ils sont équilibrés par la tension apportée à la ralingue, et, d'autre part, suivant une direction perpendiculaire à l'espar, où ils sont équilibrés par les coulisseaux ou la gorge de l'espar. Par contre, pour la chute, le problème est complètement différent car aucun élément rigide n'est là pour équilibrer les

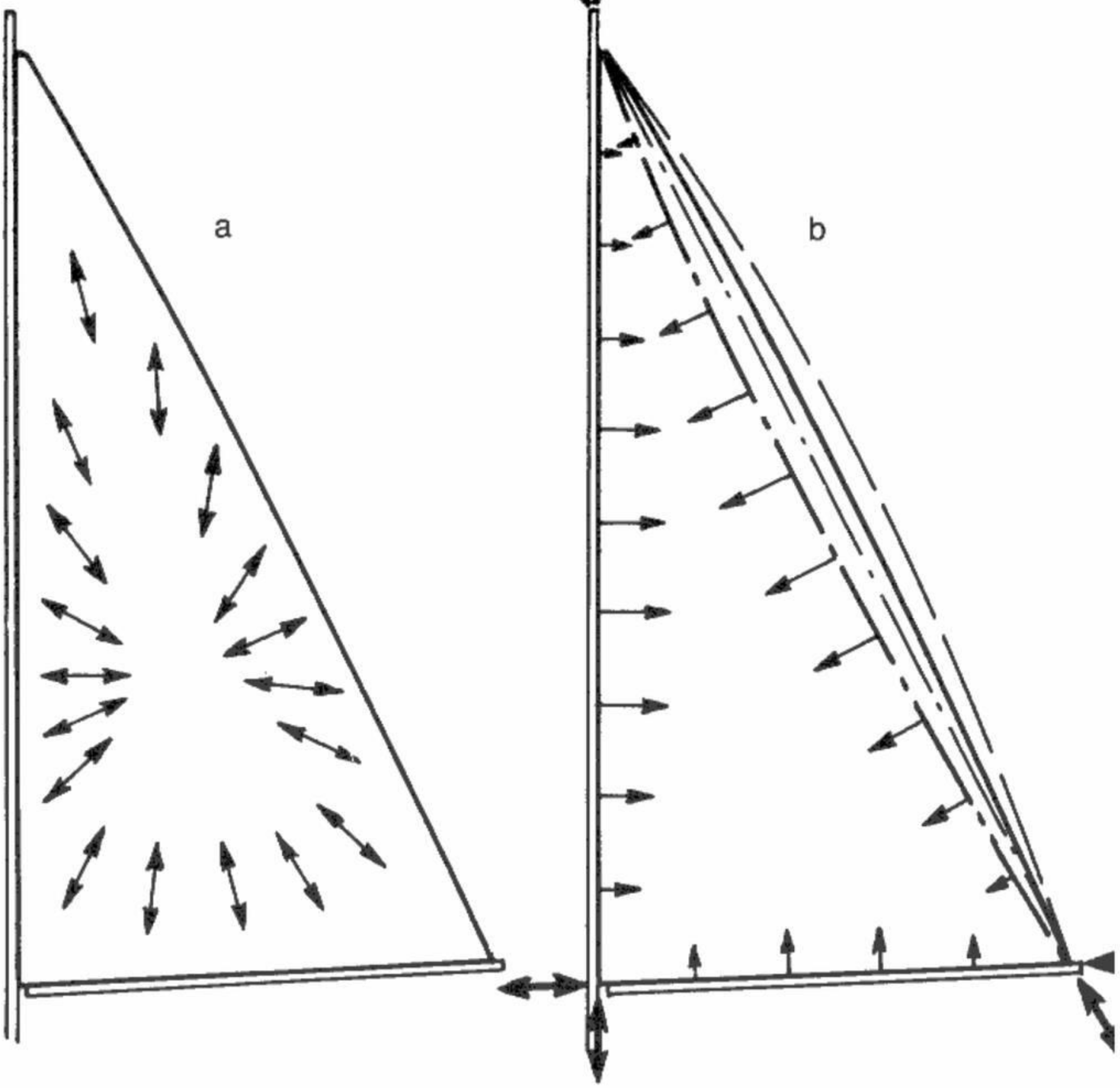


Figure 3-10 — a) *Equilibre des tensions dues aux efforts aérodynamiques.*
b) *Equilibre des efforts mécaniques engendrés par les tensions suivant les trois côtés de la voile.*

composantes perpendiculaires. Celles-ci ne pourront donc être équilibrées que grâce à une déformation de la chute vers le centre de la voile, entraînant une tension supplémentaire dans celle-ci. Cette tension sera d'autant plus importante que l'allongement de la voile sera élevé et que l'on désirera réduire au maximum la déformation de la chute, avoir une voile plus plate et moins

déversée. On peut admettre d'après l'étude de différents bateaux connus que cette tension est comprise au maximum entre 1 et 1,2 fois la force développée par la voile; cette force étant égale à $C \times 0{,}063 \times V^2 \times S$ avec pour C une valeur maximum de 1,2 pour une grand-voile seule et 1,4 en présence d'un foc.

Pour une voile de Finn par force 5, cela donne environ 170 kg répartis sur une largeur de chute de 30 cm environ, ce qui correspond assez bien aux charges relevées par l'I.C.I. lors de ses essais qui atteignaient 6,4 à 7,2 kg par cm de largeur de tissu.

On connaît également d'autres valeurs pour les chutes de génois de voiliers habitables. Le tableau ci-dessous en donne le détail.

TABLEAU 3-I

Force du vent réel	LHT 13,5 m	LHT 9 m
6	393 kg/m	250 kg/m
4	116 kg/m	80 kg/m
2	11 kg/m	7 kg/m

La traction dans le guindant est comprise entre 30 et 60 % de celle de la chute alors qu'elle est à peine inférieure dans la bordure.

Pour une grand-voile, les tensions au centre de la voile sont environ de 10 % et celles dans le guindant de 15 à 50 % de celles dans la chute.

L'effort au point d'écoute est particulièrement important lorsque l'on cherche à donner à la voile le maximum de creux et à maintenir celui-ci le plus bas possible.

La voile peut alors être considérée comme étant à bordure libre et la forme est alors maintenue par un effort sur la bordure analogue à celui qui a lieu sur la chute et non par les seules composantes perpendiculaires à la ralingue.

La répartition des efforts au point d'écoute prend dans ce cas l'allure de celle de la *figure 3-11*. C'est également en ce point que se produisent les plus importantes déformations de la croisure (angle entre chaîne et trame). On conçoit donc facilement pourquoi les grand-voiles se déforment toujours à cet endroit et l'importance des renforts nécessaires.

Il en est de même au point de drisse où, du fait de l'angle plus fermé les efforts peuvent se concentrer sur des largeurs de tissu très faibles.

Pour les focs le problème est analogue, sur les trois côtés, à celui de la chute des grand-voiles. Seule, la présence d'un étai tendu sur lequel est endraillée la voile ou la traction de la drisse sur la ralingue peuvent compenser la tension dans l'envergure en absorbant une partie des composantes perpendiculaires. La traction dans l'écoute est sensiblement égale à 1,5 fois la force développée par la voile suivant la même formule que pour la grand-voile, mais avec un coefficient C de 1,5. Cependant, lorsque le foc est relativement étroit, la charge par unité de largeur atteindra son maximum au point de drisse, qui devra alors être spécialement renforcé.

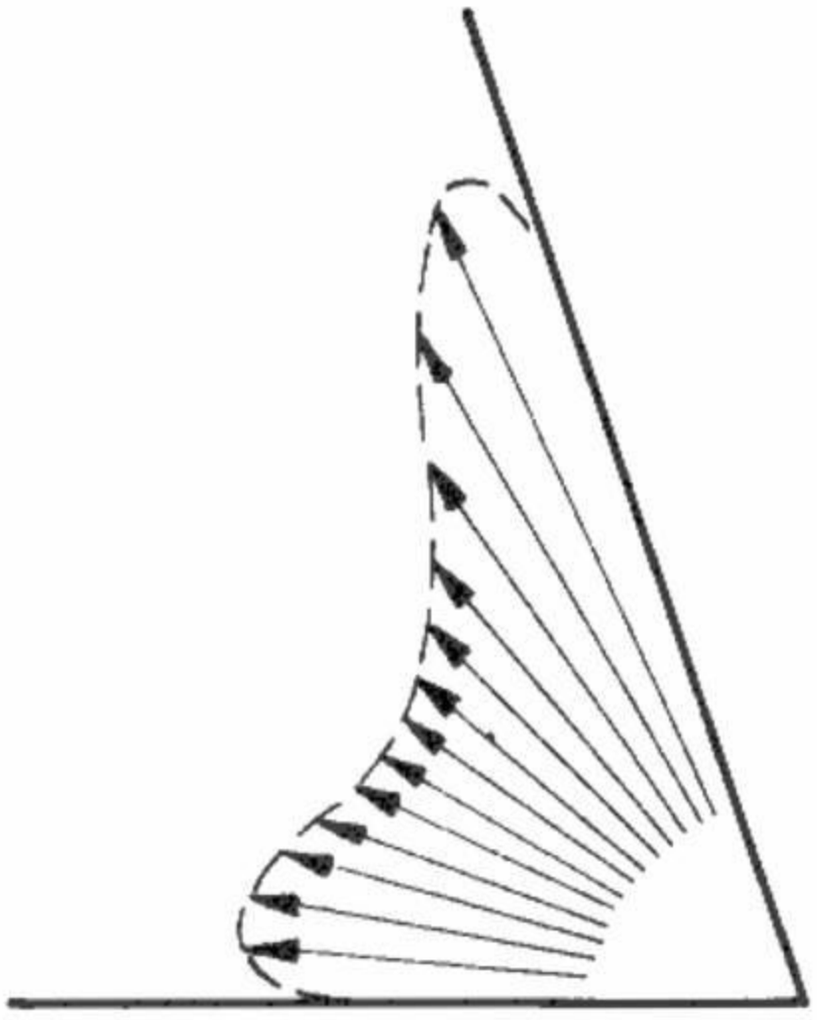


Figure 3-11 —*Répartition approximative des efforts au point d'écoute d'une grand-voile.*

PRINCIPES GÉNÉRAUX DE TRACÉ

Si l'on considère le triangle constitué par les trois côtés d'une grand-voile il est facile d'imaginer qu'une voile coupée simplement selon ce triangle serait absolument plate *(fig. 3-12 a)*, seule l'élasticité du tissu lui permettrait de prendre un léger bombé, d'autant plus important d'ailleurs que le vent serait fort ce qui n'est pas le but recherché.

Pour obtenir que les sections prennent d'origine une courbure favorable, permettant à l'ensemble de la voile de développer la forme recherchée, il faut donner à ces sections un supplément de longueur que l'on obtiendra en ajoutant du côté du mât un complément de surface *(fig. 3-12 b)*. La largeur de ce complément de surface variant en fonction de la longueur de la corde de chaque section et de la courbure que l'on désire lui donner, la surface ajoutée le long du guindant revêtira la forme d'une courbe, c'est le rond du guindant.

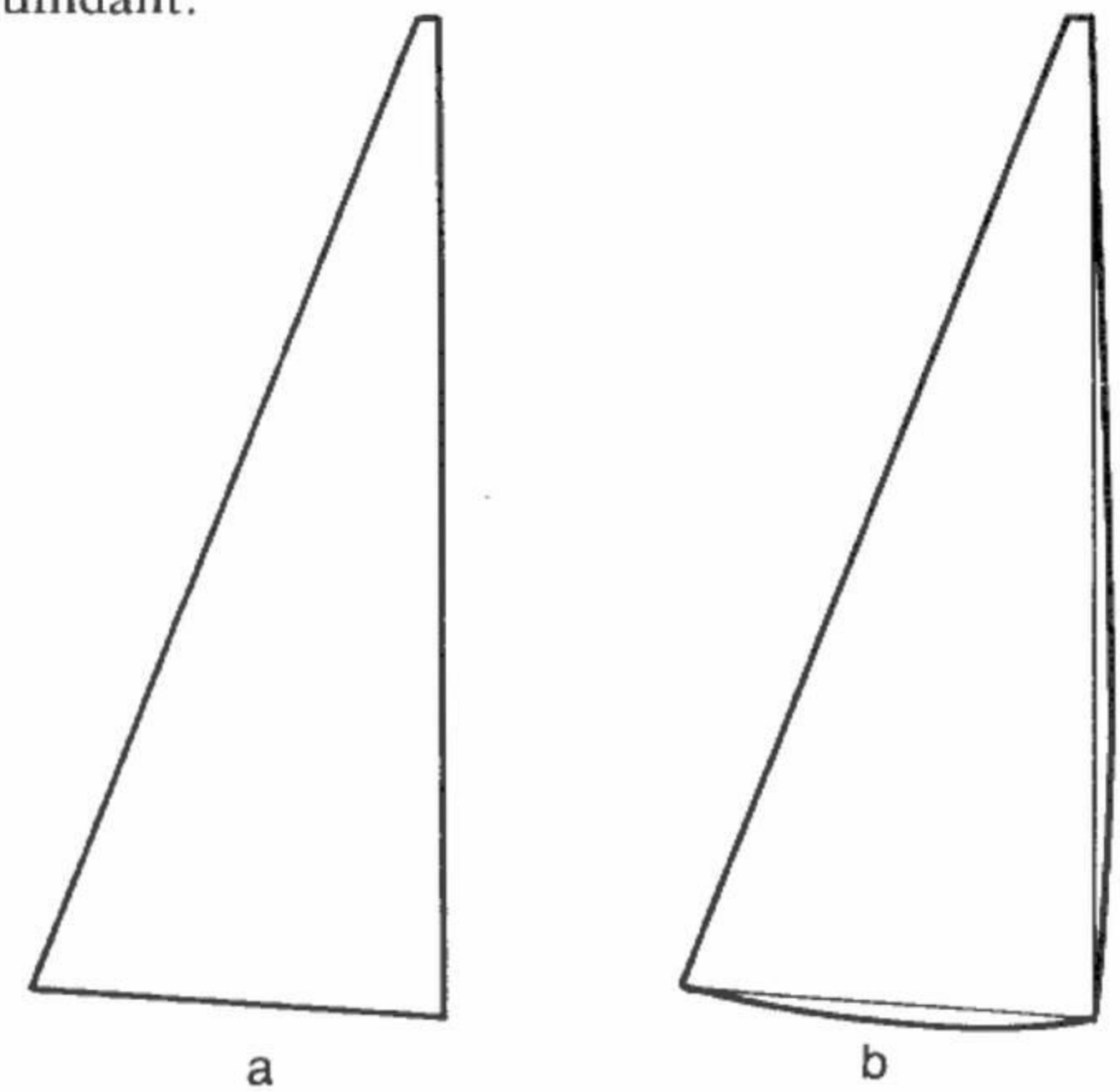


Figure 3-12 — *C'est par le supplément de tissu inscrit dans les ronds de guindant et de bordure que l'on donne aux sections de la voile une courbure convenable.*

De même le long de la bôme, pour permettre aux sections transversales de se développer sur toute la surface de la voile, il sera nécessaire de prévoir un rond de bordure.

De plus, la forme générale de la voile n'étant pas une portion de cylindre ou de cône (c'est-à-dire des surfaces développables) on sera obligé de donner à chaque laize constituant une partie de cette surface un contour particulier.

La forme de ces laizes est donc liée directement à celle que l'on désire donner à la voile, en tenant compte en plus des déformations prévisibles provoquées par l'allongement du tissu.

Ainsi par exemple, pour obtenir des sections de grand-voile relativement plates à l'attaque et sur la chute avec un creux à 40 %

de la corde, les bords de la laize devront-ils avoir une forme sensiblement parabolique, modifiée vers la chute pour tenir compte de l'allongement de celle-ci (*fig. 3-13*).

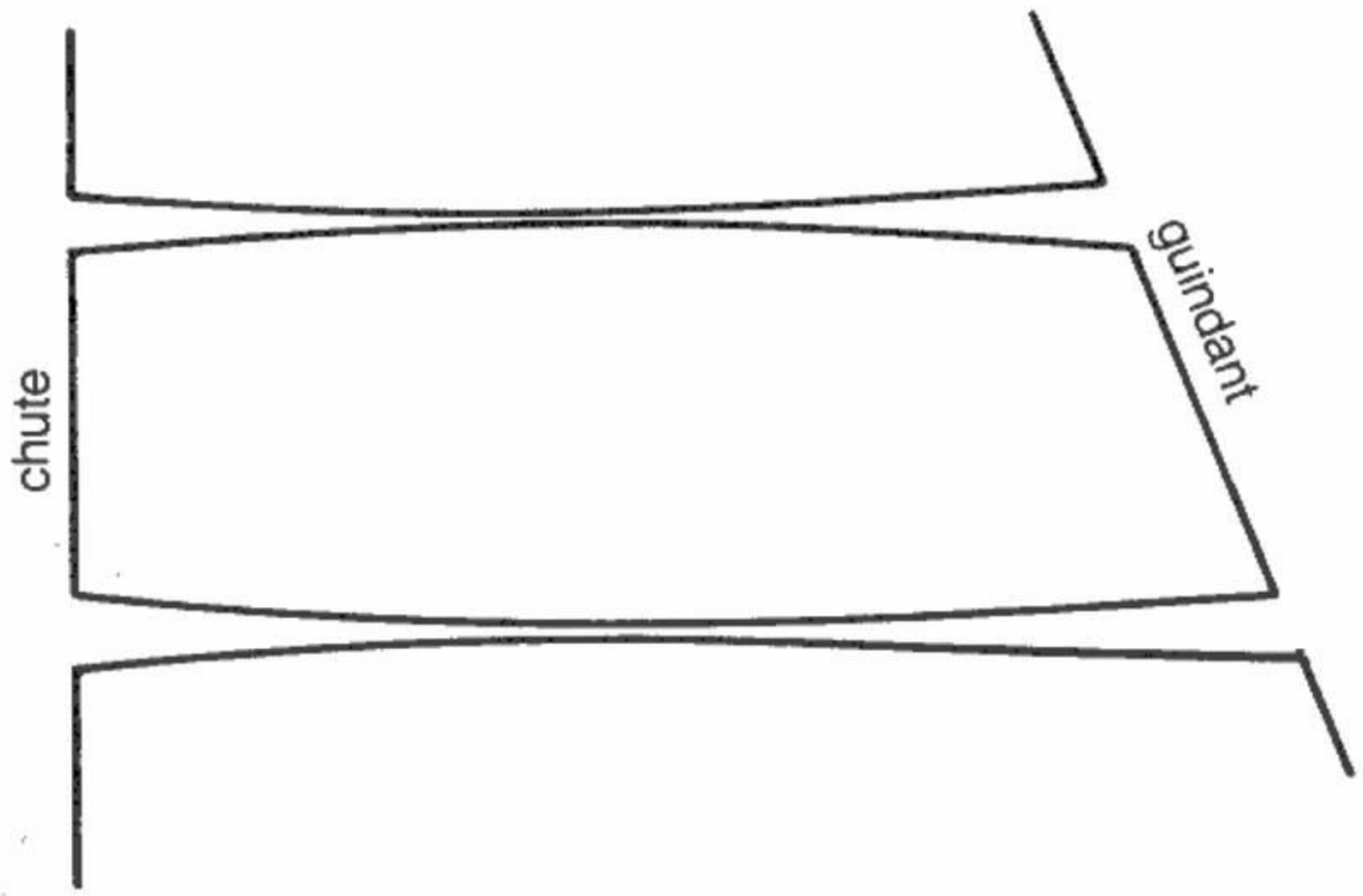


Figure 3-13 — *C'est par la courbure des lisières des laizes que la voile peut prendre une forme non développable.*

Il est certain que l'influence de la courbure est extrêment sensible et qu'une différence de 1 mm, voire de quelques dizièmes de millimètre, au niveau de chaque laize, a une répercution importante sur la forme générale de la voile. La conception du tracé d'une voile est donc un travail de grande précision et le résultat optimum ne peut généralement être obtenu qu'après un certain nombre de mises au point.

Pour un foc le problème est généralement différent car sa forme est plus proche d'une portion de cylindre. Les déformations viennent du fait que l'étai n'est pas rectiligne et surtout que sa flèche s'accroît avec la force du vent. La valeur absolue de celle-ci n'a en soi pas d'importance dès lors qu'elle est estimée correctement a priori et qu'il en est tenu compte dans le tracé du guindant.

Comme on a déjà pu le comprendre la coupe d'une voile fait intervenir un nombre considérable de variables dont les moindres ne sont pas les caractéristiques du tissu. Il est donc impossible de fournir ici des plans de coupe, des « patrons » pour parler comme les couturiers. Ce que le candidat voilier doit comprendre et assimiler ce sont les principes de coupe, les moyens matériels permettant d'obtenir la forme désirée. Partant d'une ébauche dont

il étudiera les résultats il pourra en toute connaissance de cause définir sans hésitation où et par quels moyens il devra apporter les retouches nécessaires.

Le couturier aussi talentueux qu'il soit n'agit pas autrement lors des essayages d'une robe, reprenant une couture, augmentant ou réduisant une pince, jusqu'à ce que la robe s'adapte aussi parfaitement que possible au corps de sa cliente. Bien sûr, l'expérience, le talent, permettront-ils d'atteindre plus rapidement cette perfection.

On comprend pourquoi les voiliers professionnels attachent de plus en plus d'importance au contrôle des caractéristiques des tissus qu'ils utilisent car il leur est indispensable de les connaître pour les introduire dans les données de calcul des éléments de coupe d'une voile.

L'INFORMATIQUE DANS LA CONCEPTION ET LA COUPE DES VOILES

Compte tenu de la connaissance de plus en plus précise des trois éléments intervenant dans la coupe des voiles : profil aérodynamique, efforts et déformations des tissus, il était inévitable que ces paramètres soient un jour introduits dans un ordinateur pour déterminer exactement la forme à donner à chacune des laizes constituant une voile.

L'approche du problème s'est effectuée à partir de deux chemins différents.

On a d'une part étudié des modèles mathématiques permettant de définir les profils aérodynamiques optimums selon les caractéristiques du bateau et de son plan de voilure. Les premiers travaux dans ce sens furent effectués dès 1960 par Jerome H. Milgram au Massachusetts Institute of Technology. Celui-ci n'a cessé de perfectionner sa méthode et est associé aujourd'hui aux destinées de la voilerie américaine Horizon Sails.

L'équipe de North Sails a de son côté développé un programme qui, à partir d'un ordinateur central permet à chacune des voileries de la marque réparties dans le monde d'obtenir sur une simple interrogation toutes les caractéristiques de coupe d'une voile y compris le tracé de chaque laize et... le prix de vente de la voile. Les paramètres utilisés par l'ordinateur sont continuellement tenus à jour par les informations entrées par chacune des voileries à partir de leur expérience.

Hood n'est bien sûr pas resté sans initiative dans ce domaine et

vient de développer un programme analogue baptisé C.A.D./C.A.M. qui permet de visualiser la forme des voiles étudiées sous n'importe quel angle.

Par ailleurs un autre chercheur américain, G. Hazen a mis au point un programme de prédiction, et par conséquent d'optimisation du plan de voilure et des performances en fonction des caractéristiques du bateau.

Aujourd'hui, pour les voiliers s'appuyant sur l'informatique pour la conception de la coupe de leurs voiles les étapes de celle-ci sont :
1) définition des conditions de vent et de mer ;
2) définition du plan de voilure optimum en fonction des caractéristiques du bateau et de la jauge ;
3) calcul des efforts dans l'ensemble de la surface de la voile ;
4) définition de la construction de la voile (disposition des laizes et choix du tissu) ;
5) calcul des profils aérodynamiques ;
6) calcul de la forme des laizes.

De l'ordinateur sort un tableau de cotes définissant le contour complet de chaque laize.

On peut se demander à ce stade pourquoi, jusqu'à il y a peu de temps, l'ordinateur ne dirigeait pas directement une machine coupant le tissu comme on effectue la découpe ou l'usinage des tôles en aviation ou en construction navale.

La machine elle-même existait et est utilisée depuis 1974 par Chesapeake Cutters Inc. pour la confection des voiles de Laser.

Ce dernier pas vient d'être franchi par une des voileries North.

En France, deux voileries rochelaises, Ton Sails et Voiles System, ont commencé à utiliser le tracé assisté par ordinateur.

FABRICATION

Avant d'entreprendre la fabrication d'une voile il est important de savoir quelle quantité de tissu sera nécessaire. Compte tenu des renforts, des ronds, etc., il faut prévoir une longueur en mètres de tissu (en laize de 91 cm) égale à 1,4 fois la surface en mètres carrés.

Forme et assemblage des laizes

Les laizes étant assemblées par couture, on peut envisager deux moyens de définir leur forme :

— par variation du recouvrement (coutures forcées);
— par découpe en forme et recouvrement constant.

La première méthode, et la seule utilisée autrefois pour les voiles en coton, a l'avantage d'offrir plus de souplesse et de permettre des retouches plus importantes de la forme. Elle est aussi la seule à la portée de l'amateur débutant.

La seconde n'est valable que pour les tissus synthétiques qui peuvent être coupés à l'aide d'un fer chaud (généralement un fer de radio-électricien équipé d'une panne spéciale) *(fig. 3-14)* et ainsi ne risquent pas de s'effilocher. Attention, si vous travaillez sur un plancher, le fer y laissera une trace carbonisée. Pour la fabrication en série on étudie actuellement les possibilités de coupe par haute fréquence. Elle est particulièrement adaptée à la fabrication de série et est parfois couplée avec un montage sur un moule en forme comme à la voilerie italienne NACA. Les différentes voileries North réparties dans le monde utilisent de leur côté un système de courbes préétablies et dont le choix est défini par un ordinateur central. Dans un avenir plus ou moins proche la découpe s'effectuera directement sur une machine à commande numérique reliée à l'ordinateur.

Il n'est pas nécessaire de prévoir d'ourlet sur le bord des laizes.

La largeur de recouvrement des laizes est par convention de 13 mm pour les tissus inférieurs à 210 g; de 17 mm jusqu'à 310 g et de 21 mm au-dessus.

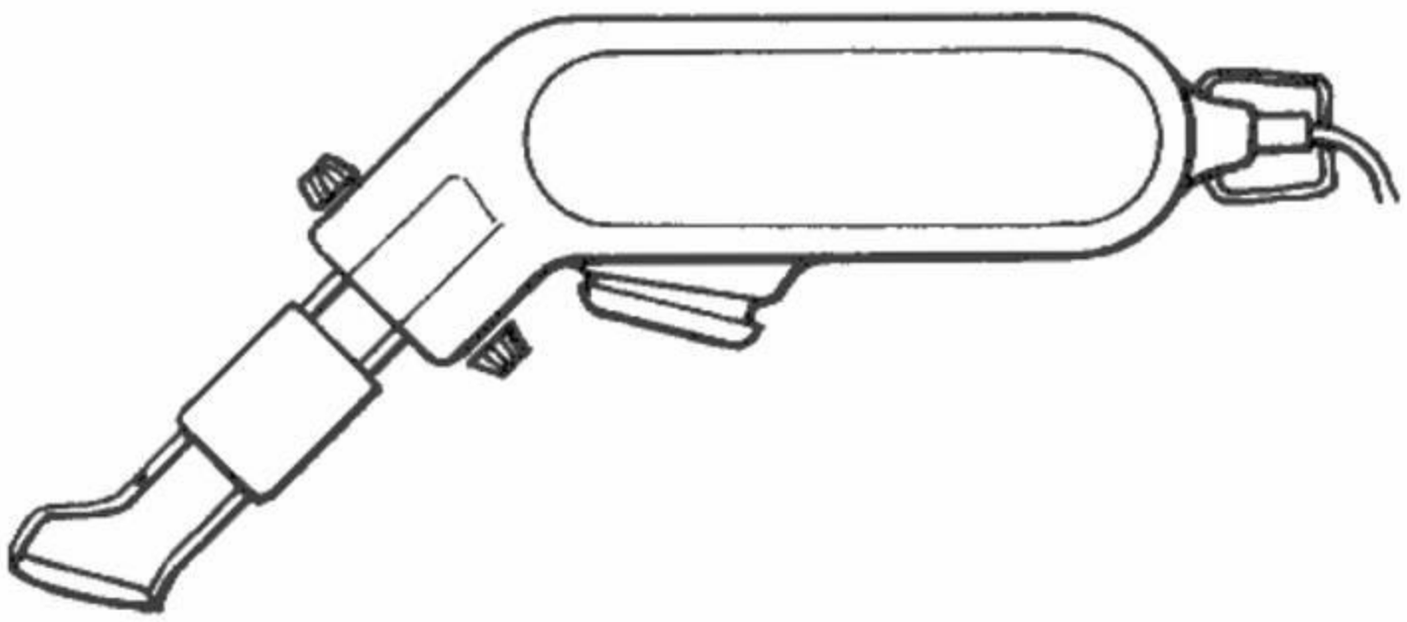


Figure 3-14 — *Fer de radio-électricien équipé d'une panne coupante. La panne doit être souvent essuyée pour la débarrasser des matières charbonneuses qui s'y déposent.*

Pour éviter qu'un glissement des deux laizes se produise en cours de couture, entraînant des différences de tension, on porte, tous les 50 cm environ, au crayon, des repères longitudinaux définissant le recouvrement et des repères transversaux (*fig. 3-15*).

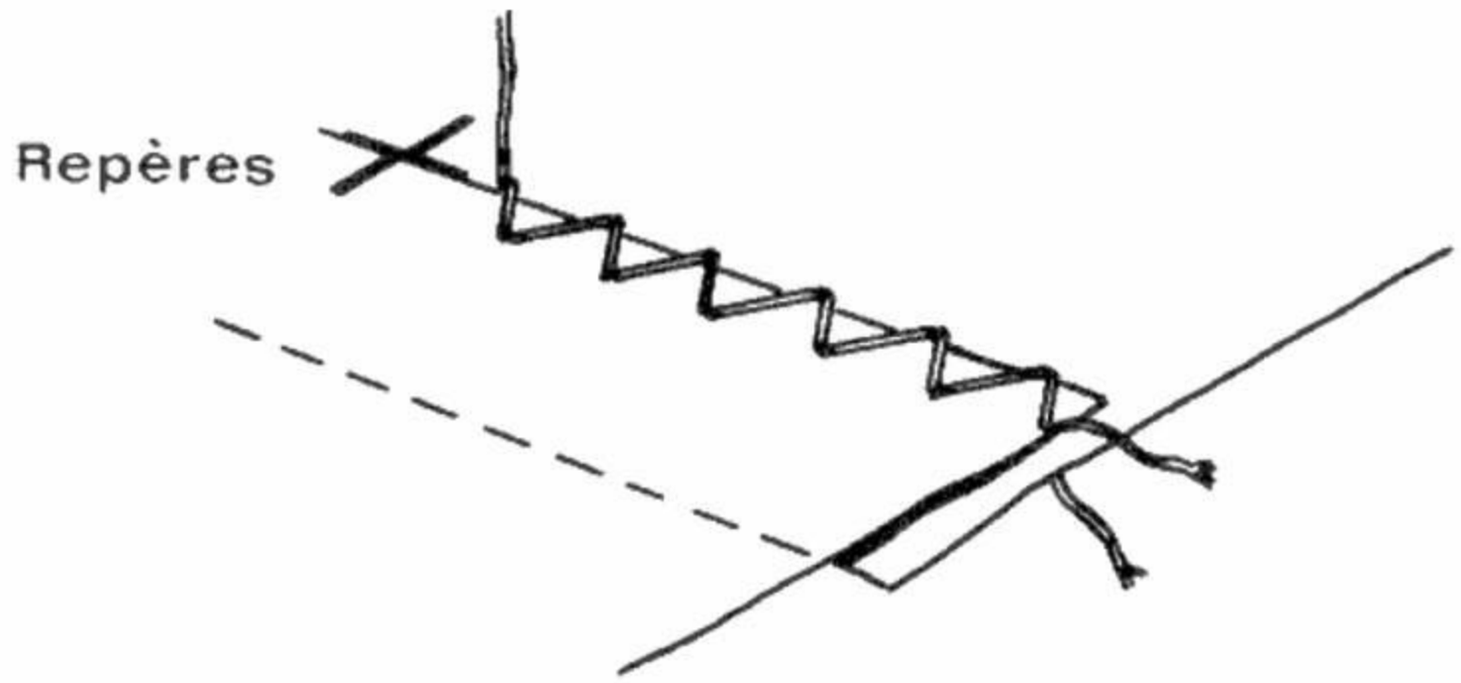


Figure 3-15 — *Repères de couture.*

Il n'est pas nécessaire avec les tissus synthétiques de prévoir de fausses laizes intermédiaires comme avec le coton, mais on peut être amené à faire des pinces ou des fausses pinces pour donner à la voile sa forme. Connaissant la largeur de la pince à réaliser, on trace sur le tissu 3 traits convergents dont les deux extrêmes sont écartés de la largeur de la pince. Le tissu replié en Z le pli correspondant au trait inférieur vient en regard du trait supérieur *(fig. 3-16 a)*. On écrase alors les plis avant de les coudre.

Figure 3-16 a — *Exécution d'une pince.*

Cependant, de même que les coutures forcées sont de plus en plus souvent remplacées par la découpe des laizes, les fausses pinces sont maintenant découpées au fer directement dans le tissu. Les deux bords se recouvrant sur 3 mm environ, sont réunis par une couture en zigzag, arrêtée par un point de bourbon au sommet de la pince *(fig. 3-16 b)*.

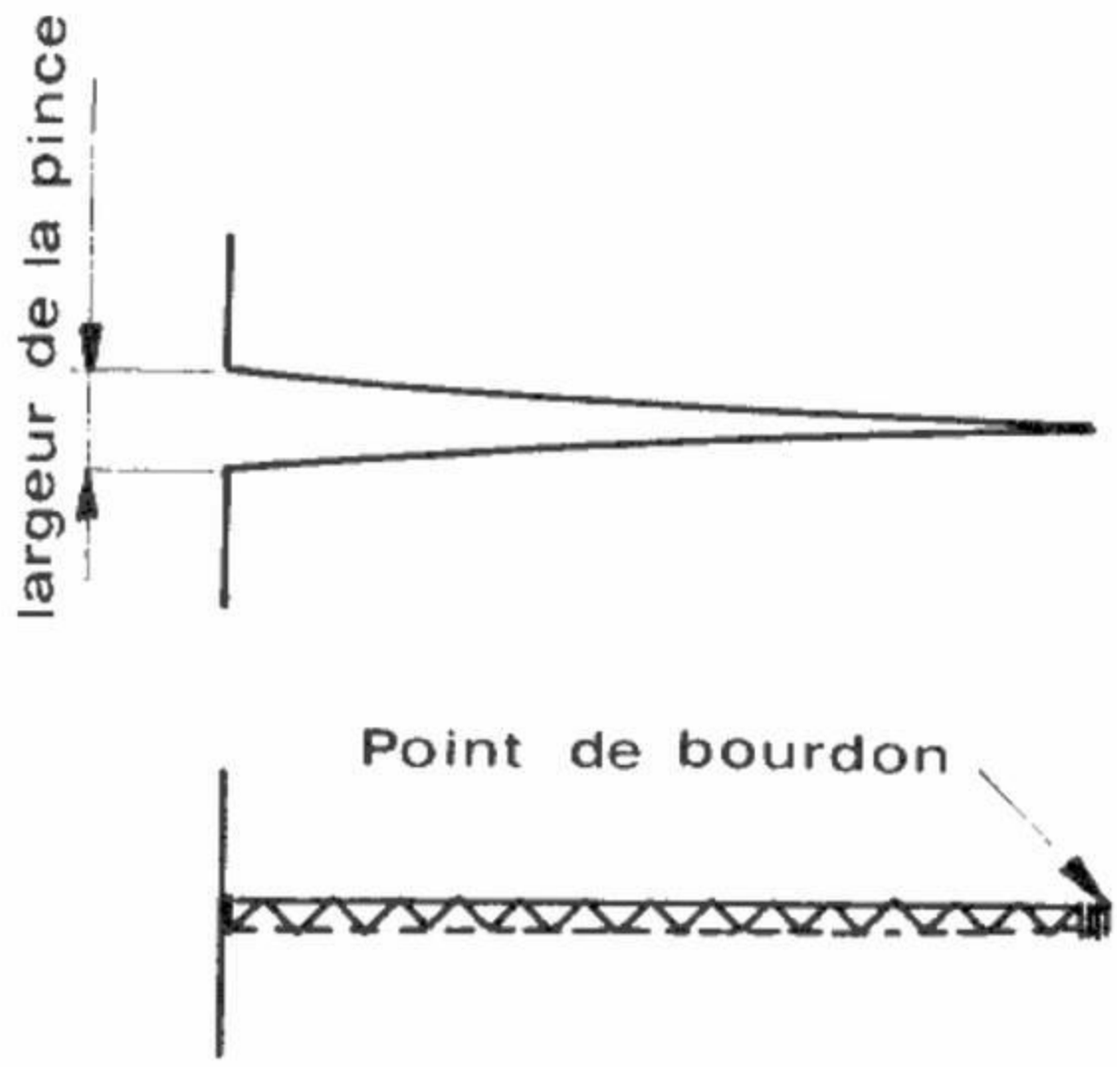


Figure 3-16 b. — *Exécution d'une fausse pince.*

La méthode classique reste cependant valable lorsqu'on prévoit que des retouches seront possibles, pour les grosses toiles et pour le Nylon.

Coutures

Bien que des essais d'assemblage par collage des laizes aient été tentés, ce procédé permet difficilement la retouche des voiles, c'est pourquoi la couture reste pour longtemps encore certainement le premier procédé d'assemblage. Cependant, nous l'avons vu, on étudie à nouveau pour les composites à base de Mylar, des assemblages par collage ou soudure à haute fréquence. D'autre part, on utilise souvent un adhésif double face pour faciliter le travail de couture des laizes ou des renforts.

La seule couture réellement valable pour les voiles est faite avec des points en zigzag. Elle permet en effet au tissu de s'allonger sans fatiguer le fil de couture.

Malheureusement les machines à coudre de ménage, même les plus perfectionnées, ne disposent pas d'un système d'entraînement du tissu convenable, tout au moins pour les tissus de plus de 250 g/m^2 environ. L'entraînement classique à griffe ne « mord » pas suffisamment sur le polyester et n'agit que sur le tissu inférieur. Les machines professionnelles sont équipées d'entraîneurs ou « pullers » supplémentaires.

Si l'on se décide à réaliser soi-même ses voiles, il peut être avantageux d'acquérir une machine qui, par la suite pourra être embarquée pour une croisière hauturière. La Read's Sailmaker, correspond parfaitement à cet usage. Elle peut être entraînée à la main ou par un moteur électrique et est importée par SNIP, passage Gambetta, 14530 Luc-sur-Mer.

La forme du point représente sensiblement un triangle isocèle, rectangle ou équilatéral. La longueur est de 3 mm pour les voiles de dériveurs, de 4 à 5 mm pour les autres. Pour le Nylon des petits spinnakers on prendra 2 à 2,5 mm.

Jusqu'à 250 g/m², on peut utiliser des machines à deux aiguilles qui exécutent les 2 coutures simultanément, mais au-delà on est obligé de faire chaque couture successivement. Après avoir cousu l'un des deux bords on retourne l'ensemble pour faire l'autre couture. Il est bon de toujours commencer les coutures en partant du même bord de la voile.

Au-delà de 310 g, on fait généralement 3 lignes de points.

Depuis quelque temps certaines machines permettent d'améliorer la résistance des coutures en divisant chaque point du zigzag en trois ou quatre petits points droits (*fig. 3-17*). On augmente ainsi le nombre des points de liaison et une seule couture est suffisante.

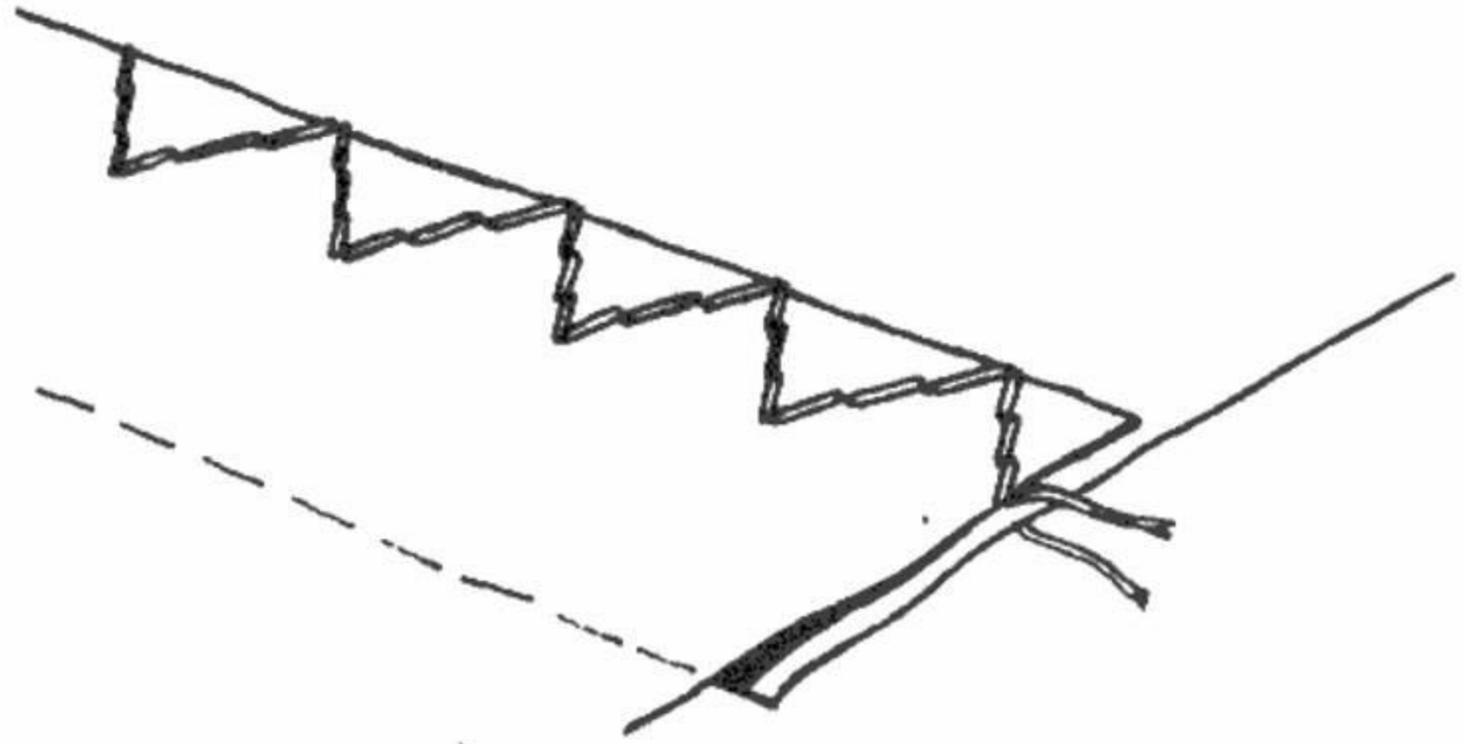


Figure 3-17 — *Point zigzag à triple point pour tissus légers.*

Cependant ce procédé ne peut être utilisé qu'avec des tissus légers et relativement souples. Le pas des points étant en effet plus grand (jusqu'à 10 mm), les efforts dans les tissus très enduits ne peuvent se répartir sur l'ensemble des points, les contraintes au sommet de ceux-ci deviennent trop élevées et le tissu se déchire.

On peut également superposer deux coutures, l'une au pas maximum, l'autre, sur le même axe, avec un pas réduit de moitié.

Cette solution est meilleure car elle répartit mieux les contraintes sur le tissu.

Le fil doit être de même nature que le tissu et préétiré. Sa grosseur ainsi que le diamètre de l'aiguille étant en rapport avec l'épaisseur du tissu (voir tableau 3-II).

TABLEAU 3-II

NUMÉROS D'AIGUILLES ET RÉFÉRENCES DE FIL POUR COUTURES À LA MACHINE

Poids du tissu	N° d'aiguilles	Références fil (C.S.F.)	Titrage	Métrage/ kilo
Nylon 30 à 80 g	80	181	72/2	30 000
Tergal 130 à 170 g	100	121	36/2	18 000
Tergal 210 à 270 g	140	81	36/3	12 000
Tergal 300 à 400 g	180	51	18/3	6 000
Tergal 500 g	220	41	18/4	4 500

Lorsqu'on est dans le doute sur la grosseur du fil à utiliser en fonction de l'aiguille, la méthode suivante peut être utilisée. Après avoir enfilé l'aiguille on la pose à plat sur la table de façon que le fil ressorte du côté de la pointe, par la rainure située en dessous. En appuyant fortement sur l'aiguille avec le doigt on doit exercer une traction légère sur le fil pour pouvoir le faire glisser (*fig. 3-18*).

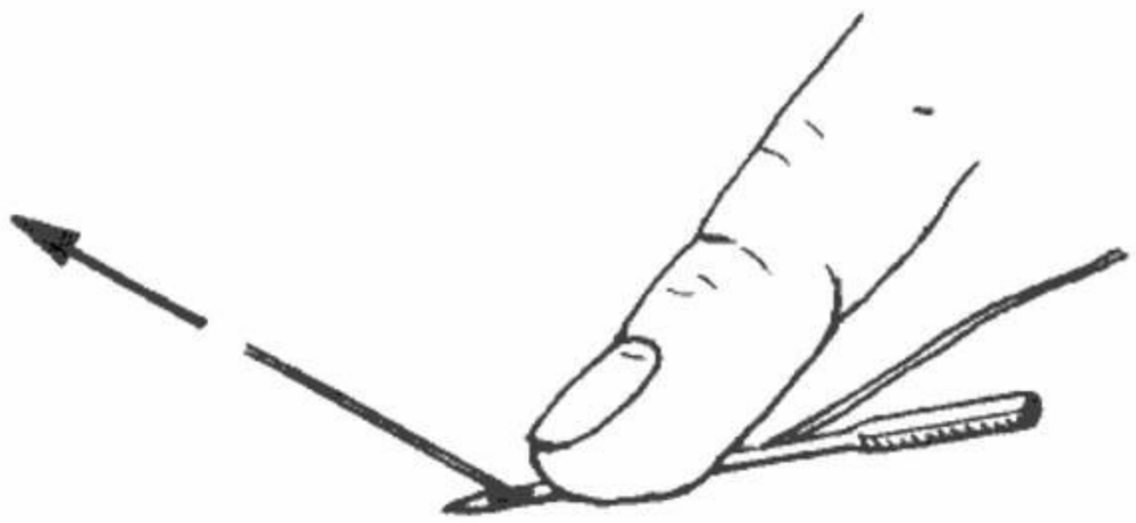


Figure 3-18 — *L'accord entre le fil et l'aiguille est correct lorsqu'il suffit d'une légère traction pour le faire glisser.*

Les aiguilles doivent être à pointe mousse.

Lorsqu'il y a plusieurs épaisseurs, comme dans le cas des renforts, on passe aux numéros d'aiguille et de fil supérieurs.

Les matériaux synthétiques, mauvais conducteurs de la chaleur,

s'échauffent rapidement par frottement, c'est pourquoi il n'est pas déconseillé de faire passer le fil sur un bloc de cire d'abeille. Les cassures seront moins fréquentes et la durée des aiguilles prolongée. On peut également placer sur le trajet du fil un petit récipient contenant de l'huile au silicone, ou le faire passer sur un petit chiffon imbibé.

La tension du fil supérieur est réglée de telle façon que le nœud du point reste collé contre le tissu inférieur. La toile polyester est trop dure pour pouvoir y noyer le nœud sans casser le fil.

La plupart des machines actuelles utilisent des systèmes de navette oscillante ou tournante.

Le calage en rotation de celle-ci par rapport à la descente de l'aiguille est extrêmement important et souvent la cause des points manquants, des aiguilles cassées et autres incidents du même genre.

Il n'est pas possible de donner ici des règles absolues, les mécanismes étant de types divers. Etudiez bien le livret fourni avec la machine et qui devrait indiquer ces réglages, en particulier celui de la barre porte-aiguille, sinon questionnez votre revendeur.

Entretenez régulièrement votre machine en nettoyant la glissière, la plaque d'aiguille, la navette, de toutes les peluches laissées par le fil et le tissu. Graissez les articulations et coulisses indiquées dans le mode d'emploi.

On démarre la couture à 2 cm environ du bord en marche arrière, avant de repartir dans le sens normal. Pour faciliter le passage sous le bras on enroule les laizes dans le sens longitudinal de façon à former deux longs rouleaux, la laize ajoutée passant sous le bras. La piqûre extérieure du zigzag doit passer juste en dehors de la lisière (*fig. 3-15*).

Du fait du calandrage important des tissus, le fil des coutures reste en surface du tissu et se trouve de ce fait exposé à une usure rapide par frottement. La voilerie Hood utilise, et vend, pour protéger ces coutures un produit baptisé Duroseam qui enveloppe le fil d'un film protecteur et, pénétrant à l'intérieur des points, renforce la tenue de la couture.

GRAND-VOILES, MISAINES ET ARTIMONS

Tracé

Compte tenu de tous les facteurs étudiés précédemment et des dimensions que l'on désire obtenir une fois la voile établie on peut procéder au tracé.

Sur un parquet ou une table surélevée on porte les 3 points principaux donnés par le plan de voilure et la largeur de la planche de tête après avoir réduit le guidant et la bordure d'environ 0,5 % et la chute de 1 %. A l'aide d'un cordeau on relie ces trois points par une ligne droite (*fig. 3-19*).

On porte ensuite une perpendiculaire à la chute partant du point d'amure, ou hauteur.

- *La chute*

Sur cette même *chute*, on repère l'emplacement des lattes et leur direction et l'on reporte sur le tracé la valeur du rond aux points correspondants.

Si celui-ci n'est pas précisé on prendra une valeur égale à 1/20 de longueur de la chute. Elle correspondra à la latte centrale s'il y a trois lattes et aux deux lattes centrales s'il y en a quatre. La flèche au niveau des lattes extrêmes est égale à 75 % de cette valeur.

On joint par des segments de droite les différents points constituant le tracé de la chute. Celui-ci n'est pas, en effet, une courbe comme on a l'habitude de le représenter sur les plans pour des raisons d'esthétique. Cela conduirait automatiquement à faire rouler le bord de la voile entre les lattes.

Afin d'éviter les plis en éventail qui partent des angles des voiles et qui sont provoqués par la concentration des efforts en ces points, les segments situés entre la tête et la première latte en haut et le point d'écoute et la dernière latte en bas, seront concaves d'environ 1 % de la longueur du segment avec un maximum situé à 30 ou 40 % du point considéré.

Lorsque la surface de la voile pour la jauge est calculée uniquement en fonction du guindant et de la bordure, on est tenté de donner au rond de chute une valeur maximum. Il est cependant très difficile de faire tenir correctement une chute dont le rond est trop grand et il est nécessaire de recourir alors à des lattes forcées, lesquelles ne sont pas toujours autorisées par la jauge ou le règlement du bateau. Par ailleurs, il faut faire attention qu'un rond placé haut ne vienne en conflit avec le pataras.

- *Guindant et bordure*

L'importance et la forme du rond sur le *guindant* et la *bordure* dépendent de la valeur et de la position du creux que l'on veut obtenir ainsi que de la déformation des espars.

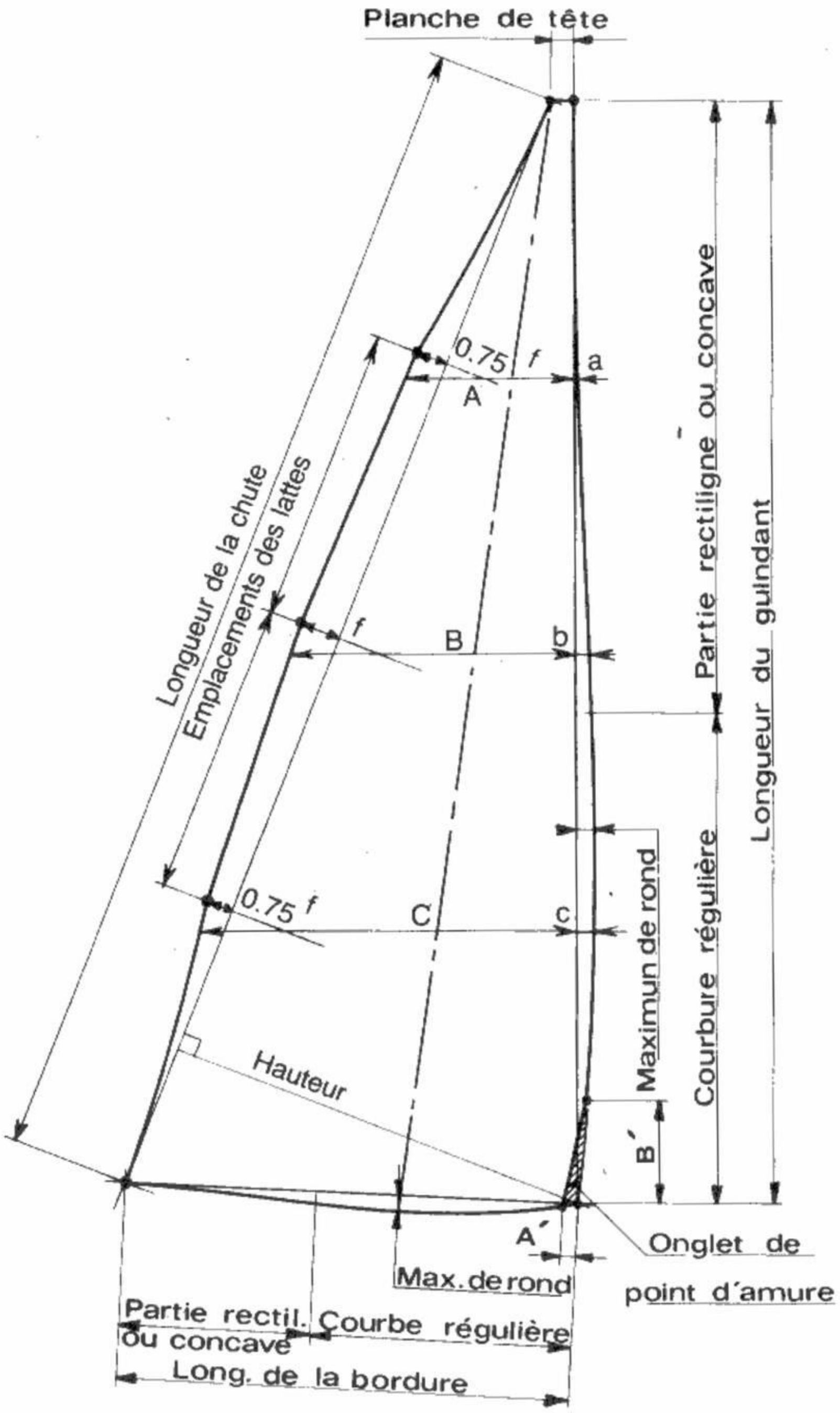


Figure 3-19 — *Tracé d'une grand-voile.*

Toutes les possibilités sont offertes, on peut cependant définir que le maximum de creux correspondra à peu près à la position du maximum de rond.

Pour le guindant, on peut admettre comme moyenne pour la flèche 3,5 à 4 % de la normale à la chute, le point maximum étant placé entre 25 et 50 % du guindant à partir de l'amure. Ces valeurs seront bien sûr fonction, pour un tissu donné, du creux que l'on désire donner à la voile et de la courbure du mât. C'est dire à quel point il est difficile d'obtenir d'emblée une voile sinon parfaite, du moins acceptable. La partie supérieure se terminera en courbe légèrement concave pour venir tangenter la droite d'origine au point de drisse.

Si l'on désire un tracé un peu plus étudié on pourra déterminer la flèche à donner au rond, en fonction de l'allongement dû à la courbure que l'on souhaite donner à la voile en différents points pris sur la hauteur du guindant, généralement en trois points a, b, c, correspondant à chaque quart du guindant. Le tableau ci-dessous donne les valeurs de cet allongement en pourcentage de la corde A, B, C, correspondante.

TABLEAU 3-III

ALLONGEMENT DE LA CORDE SELON LA FLÈCHE

Courbure	% allongement
1/20	0,7
1/15	1,2
1/13	1,6
1/10	2,7
1/7	6,4

On peut partir avec une base de 2,7 % si l'on n'a pas une idée précise de la courbure que l'on désire obtenir.

Si le mât est souple on ajoute à ces flèches les valeurs mesurées sur le mât. Pour obtenir celles-ci on pose le mât sur deux tréteaux placés à hauteur de l'étambrai (ou au pied de mât s'il n'y en a pas) et du point de drisse et on y suspend un poids égal en kg à 2,4 fois la surface en m^2 de la voile. En tendant un fil entre le vit de mulet et le point de drisse on mesure la flèche aux trois points a, b, c ; on ajoute les deux flèches pour obtenir la valeur du rond aux trois points correspondants.

Pour la bordure, on prend comme flèche environ 1,5 % du

guindant avec un maximum situé entre 40 et 50 % à partir de l'amure.

La partie arrière de la bordure et le sommet du guindant se termineront en ligne droite ou légèrement concave.

Les courbes sont tracées à l'aide d'une latte de bois souple maintenue par des pointes piquées de part et d'autre dans le parquet.

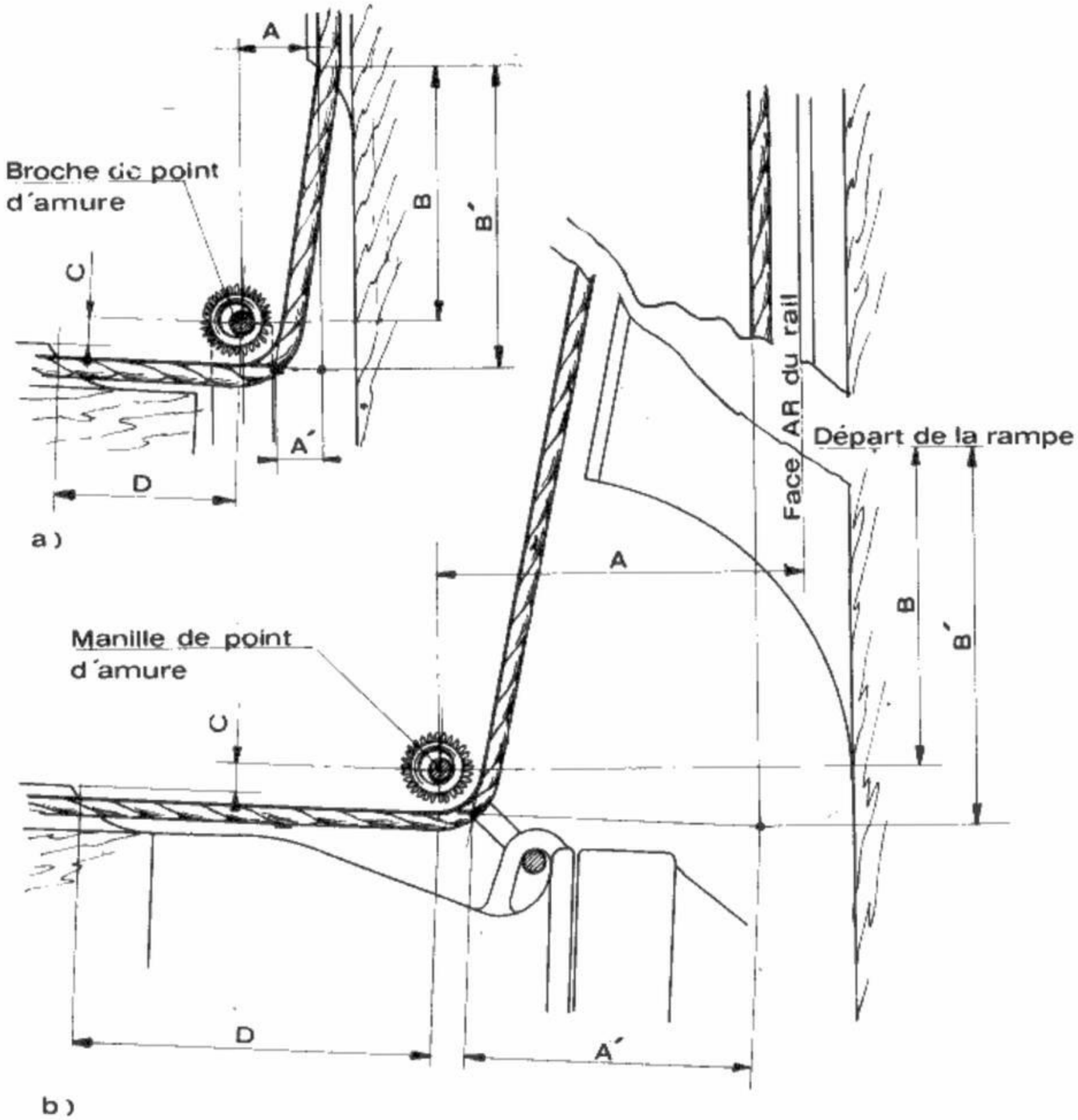


Figure 3-20 — *Relevé de la position de la broche de point d'amure (cotes A et C) et :*
a) de l'entrée des engoujures sur les espars (cotes **B** et **D**) pour un mât à gorge ;
b) de la hauteur de la rampe (**B**) et de l'entrée de l'engoujure (**D**) d'une bôme à rouleau ;
pour la définition des cotes **A'** et **B'** de l'onglet de point d'amure.

Il est rare que le point d'amure sur la bôme se trouve exactement à l'aplomb de l'arrière du mât. Il faudra donc relever exactement les distances A et B de l'axe de la broche de verrouillage du point d'amure par rapport au mât et à la bôme (*fig. 3-20*).

Après avoir déduit de ces cotes 15 mm environ (ou plus suivant la taille du bateau) pour tenir compte de la largeur de l'œil, on porte les longueurs A' et B' sur le tracé. La droite joignant les deux points détermine l'onglet à couper.

Lorsque la voile est munie de coulisseaux sur rail, il est également nécessaire de prévoir un onglet, mais celui-ci partira du second coulisseau suivant une courbe régulière et le premier coulisseau devra être monté avec une fixation plus longue. Le but est d'éviter de concentrer l'effort sur un seul coulisseau.

Avec une bôme à rouleau, dont le mécanisme occupe une certaine place et recule encore plus le point d'amure, l'engoujure ou le rail sont souvent recourbés vers l'arrière et dans ce cas on reportera sur le tracé de la voile, cette courbure. Si le rail est droit, on fera un onglet courbe, mais partant cette fois du 3e ou 4e coulisseau.

Même si vous faites faire vos voiles, ces précisions sont importantes à connaître pour le voilier, car elles sont à l'origine de presque tous les défauts constatés au niveau du point d'amure et elles devront lui être fournies avec le maximum d'exactitude, au besoin dessin coté à l'appui.

- Tracé des laizes

La première laize est généralement placée parallèlement à la hauteur, mais ceci n'est valable que si le rond est réparti régulièrement sur la chute. Lorsque le maximum du rond est nettement décalé comme c'est le cas pour une voile partiellement ou entièrement lattée *(fig. 3-21 a et b)*, la disposition normale conduirait à un angle beaucoup trop grand entre la chute et le droit fil d'où un allongement important du tissu et une déformation de la chute. Si la voile n'est que partiellement lattée, les laizes de la partie inférieure seront placées perpendiculairement à une droite joignant le point d'écoute à la première latte forcée. Les laizes suivantes seront progressivement plus inclinées et coupées en forme pour se présenter normalement au rond et les lattes devront être placées pour correspondre aux coutures.

Si la voile est entièrement lattée, chaque laize pourra correspondre au panneau compris entre deux lattes adjacentes, bien que l'on

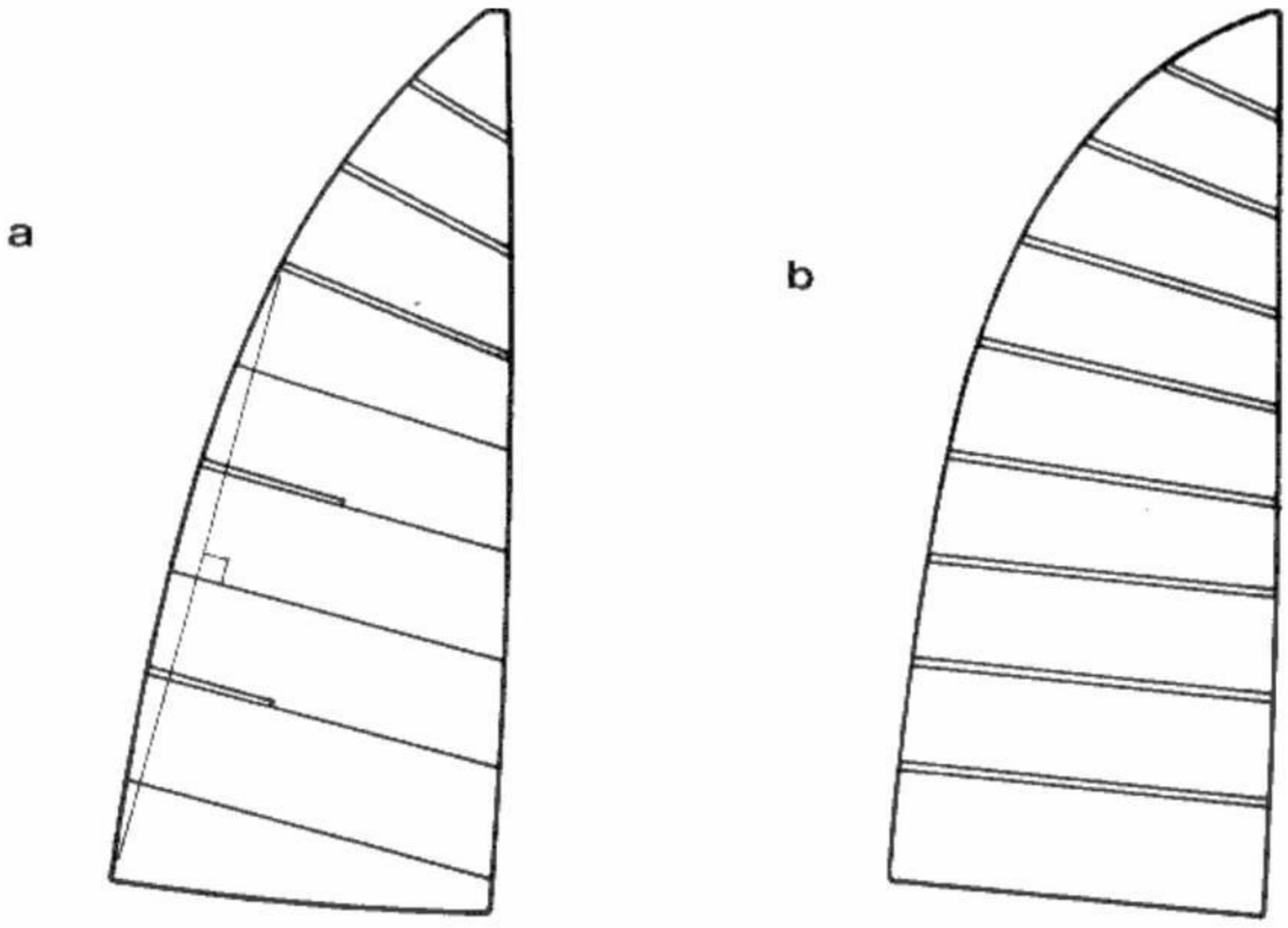


Figure 3-21 — *Disposition des laizes lorsque le rond est important :*
a) Voile partiellement lattée,
b) Voile entièrement lattée.

puisse admettre également d'utiliser une disposition classique, surtout si un nerf de chute (voir page 155) est prévu.

Mais revenons à la voile classique. La première laize est donc placée au-dessous et contre la hauteur sur la chute. Sauf pour de très grandes voiles (ou dans le cas de laizes étroites), elle recouvrira le point d'écoute et le point d'amure et débordera le tracé extérieur de 4 cm environ. Ici encore il n'est pas obligatoire que la première couture parte exactement du point d'amure. Il est plus intéressant de s'arranger pour que les laizes soient réparties régulièrement sur la chute.

La laize suivante est placée sur la première avec le recouvrement prévu pour la couture. Mais après y avoir repéré l'axe vertical on coupe ou on trace en avant de celui-ci, et sur les lisières des deux laizes, un onglet courbe dont la largeur maximum est égale à 1,2 % de sa longueur pour une voile moyenne *(fig. 3-22)*. La valeur de cet onglet dépendra du creux que l'on désire obtenir. Parfois pour éviter que le bas de la chute batte on force légèrement la couture sur la chute. On fait également une pince ou une fausse pince équivalente à mi-largeur de la deuxième laize, sur le guindant.

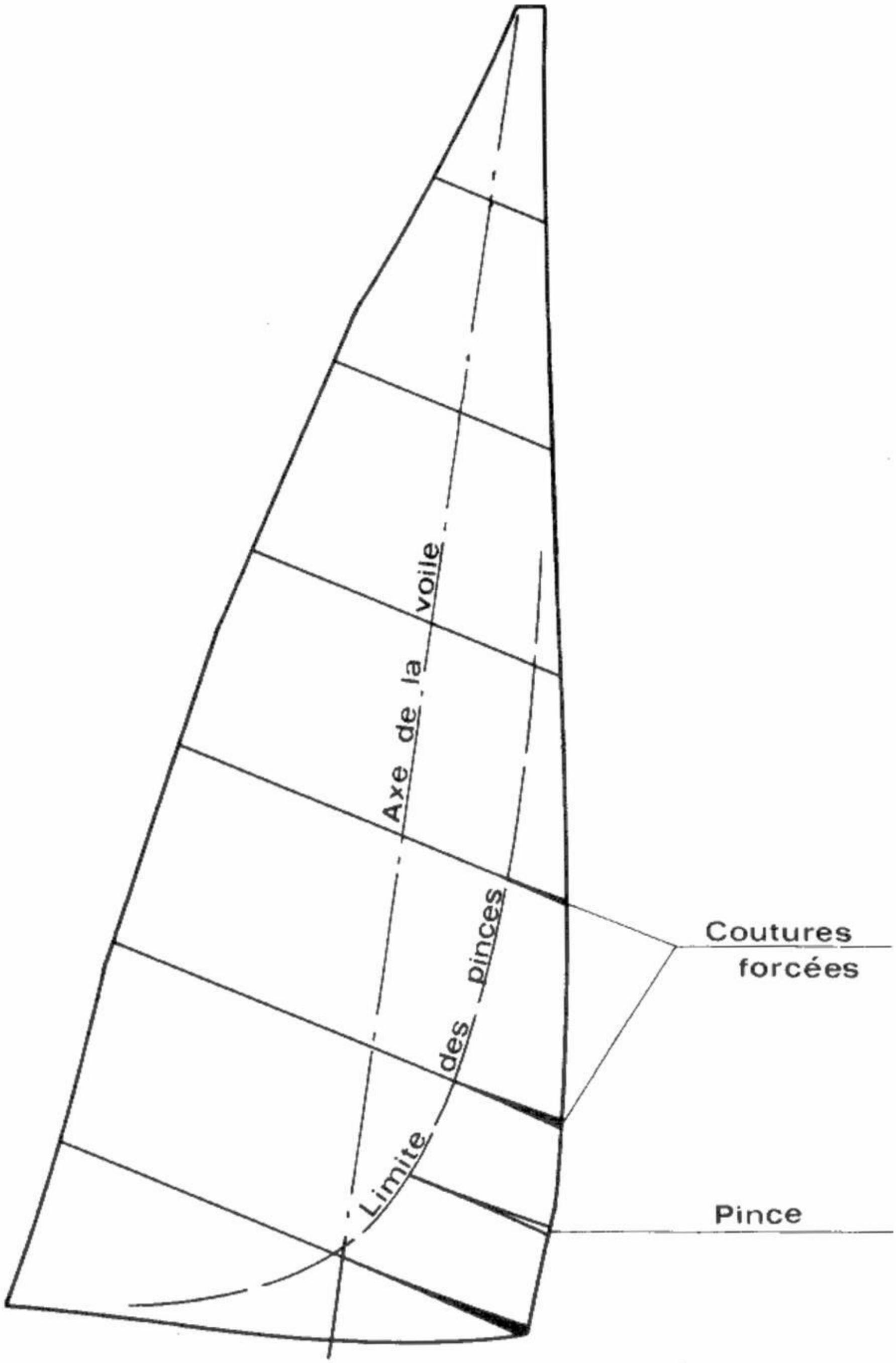


Figure 3-22 — *Tracé des laizes.*

Après l'avoir remise en place en augmentant le recouvrement de façon à conserver la largeur normale de celui-ci à l'entrée de la pince et ne pas réduire la longueur du guindant, on continue en remontant avec les laizes suivantes. Le tissu est déroulé alternativement en partant de la chute vers le guindant puis du guindant vers la chute (*fig. 3-23*) pour bénéficier de l'angle de la coupe précédente et éviter les pertes. Mais la largeur de l'onglet tracé ou découpé diminue progressivement jusqu'à devenir nulle à mi-hauteur de la voile. On fixe les laizes sur le sol par des morceaux de ruban adhésif pour éviter qu'elles bougent.

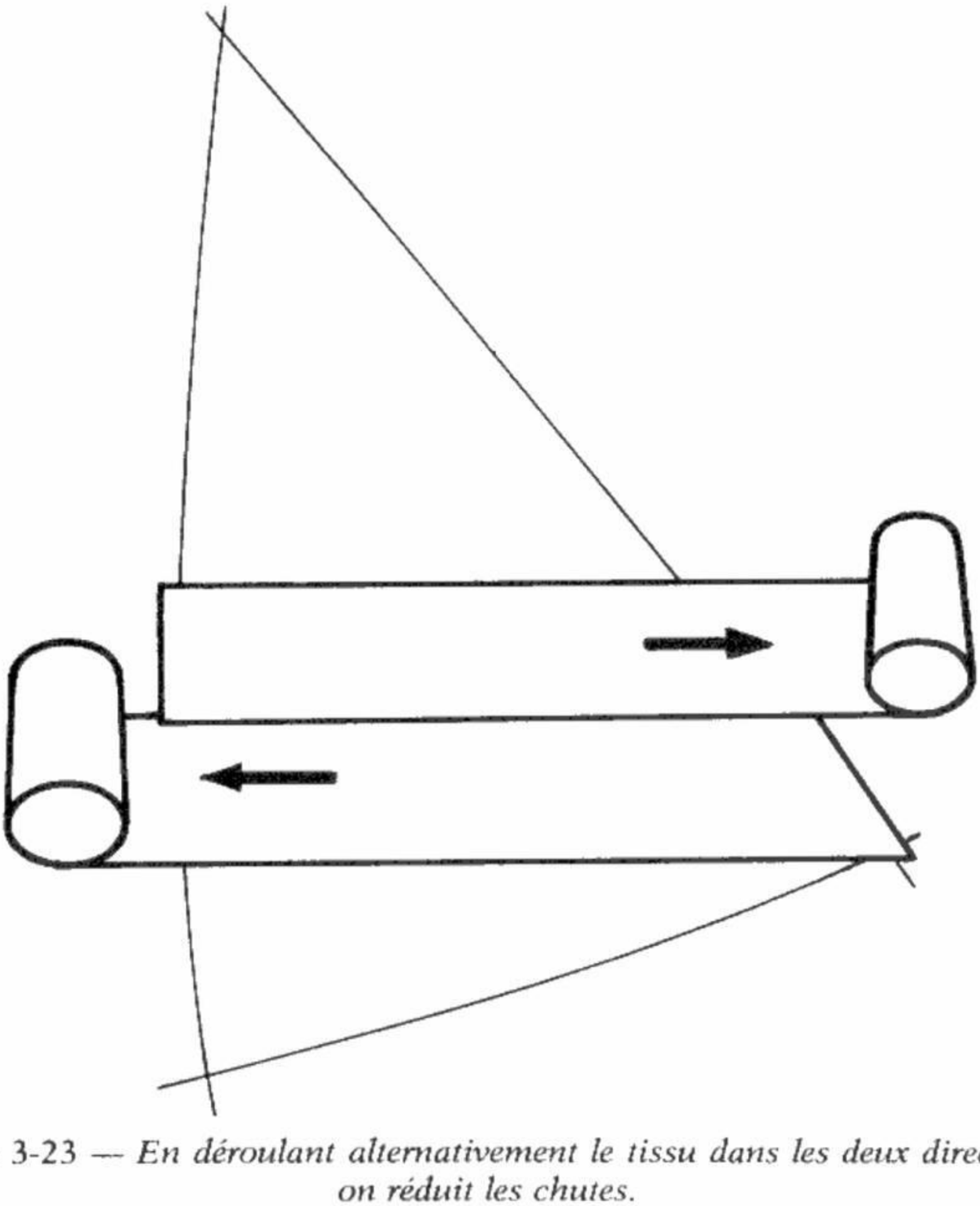


Figure 3-23 — *En déroulant alternativement le tissu dans les deux directions on réduit les chutes.*

Sur une voile de grande surface, le nombre de laizes étant relativement plus important, les pinces coupées dans les lisières ou les coutures forcées, sont plus nombreuses. Il est donc plus facile de

donner à la voile sa forme. On peut obtenir le même avantage sur de petites voiles en utilisant des demi-laizes dans le tiers inférieur de la voile. On disposera alors de la possibilité de placer une pince ou une fausse pince entre les 2 demi-laizes inférieures, par conséquent à mi-longueur de la bordure.

Dans les grand-voiles utilisées avec des focs ne montant pas en tête, la partie supérieure de la voile devra être plus formée et pour cela on prévoira des coutures forcées sur la chute dans le tiers supérieur de la voile. Mais attention, la pince correspondante doit rester discrète sous peine de voir le haut de la chute refermer trop.

Il est bon, avant de découper les laizes à la forme, de vérifier la régularité des pinces en joignant leurs sommets par une courbe que l'on pourra éventuellement matérialiser par un ruban. Les prolongements de cette courbe doivent rejoindre le point de drisse et le point d'écoute.

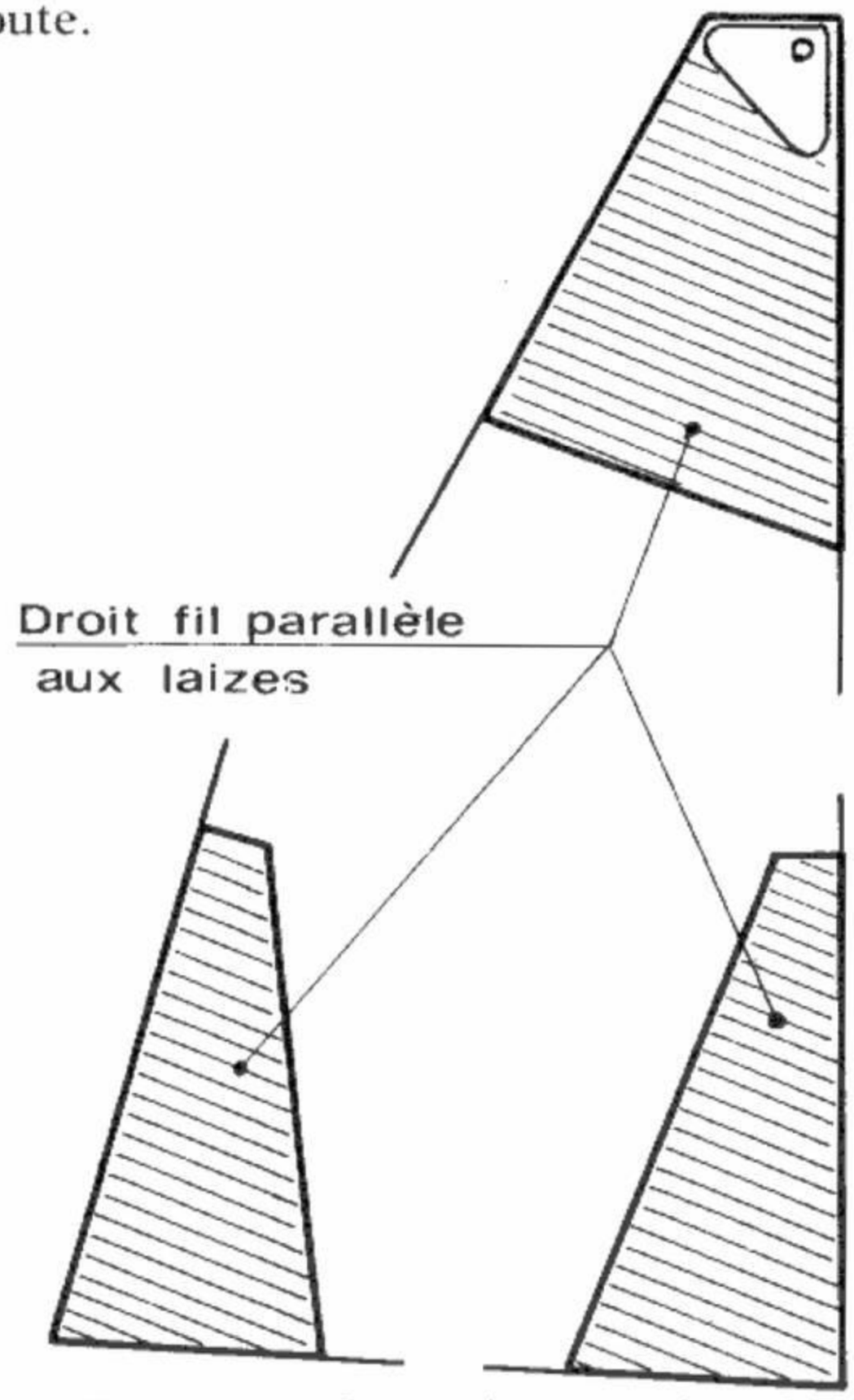


Figure 3-24 — *Disposition des renforts ou placards aux trois points d'une grand-voile. Leur longueur est comprise entre* 1/10 *et* 1/15 *de la longueur du côté correspondant. Lorsque plusieurs épaisseurs sont prévues, les dimensions décroissent, la plus grande étant placée en dernier.*

Les repères étant portés à cheval sur toutes les lisières (ramenées à leur recouvrement normal), on forme une pile de toutes les laizes de façon que la plus haute se trouve sur le dessus du paquet. On peut aussi les assembler provisoirement avec de l'adhésif double face.

Montage

Les laizes sont alors cousues en veillant au respect absolu des repères et en évitant tout froncement.

Une fois toutes les laizes assemblées, on repose l'ensemble sur le tracé et par transparence on reporte celui-ci sur le tissu.

On découpe et l'on coud sur leur contour intérieur les renforts situés aux trois points de la voile. Le nombre d'épaisseurs et la surface varient suivant l'importance de la voilure.

Le fil doit être pris dans le même sens que celui du tissu sur lequel le renfort est posé *(fig. 3-24)*.

Suivant le procédé utilisé pour border la voile, celle-ci est recoupée soit juste sur le trait, soit en laissant une bordure plus ou moins large. La voile peut être bordée en effet par une gaine rapportée ou un ourlet replié 2 ou 3 fois *(fig. 3-25)*.

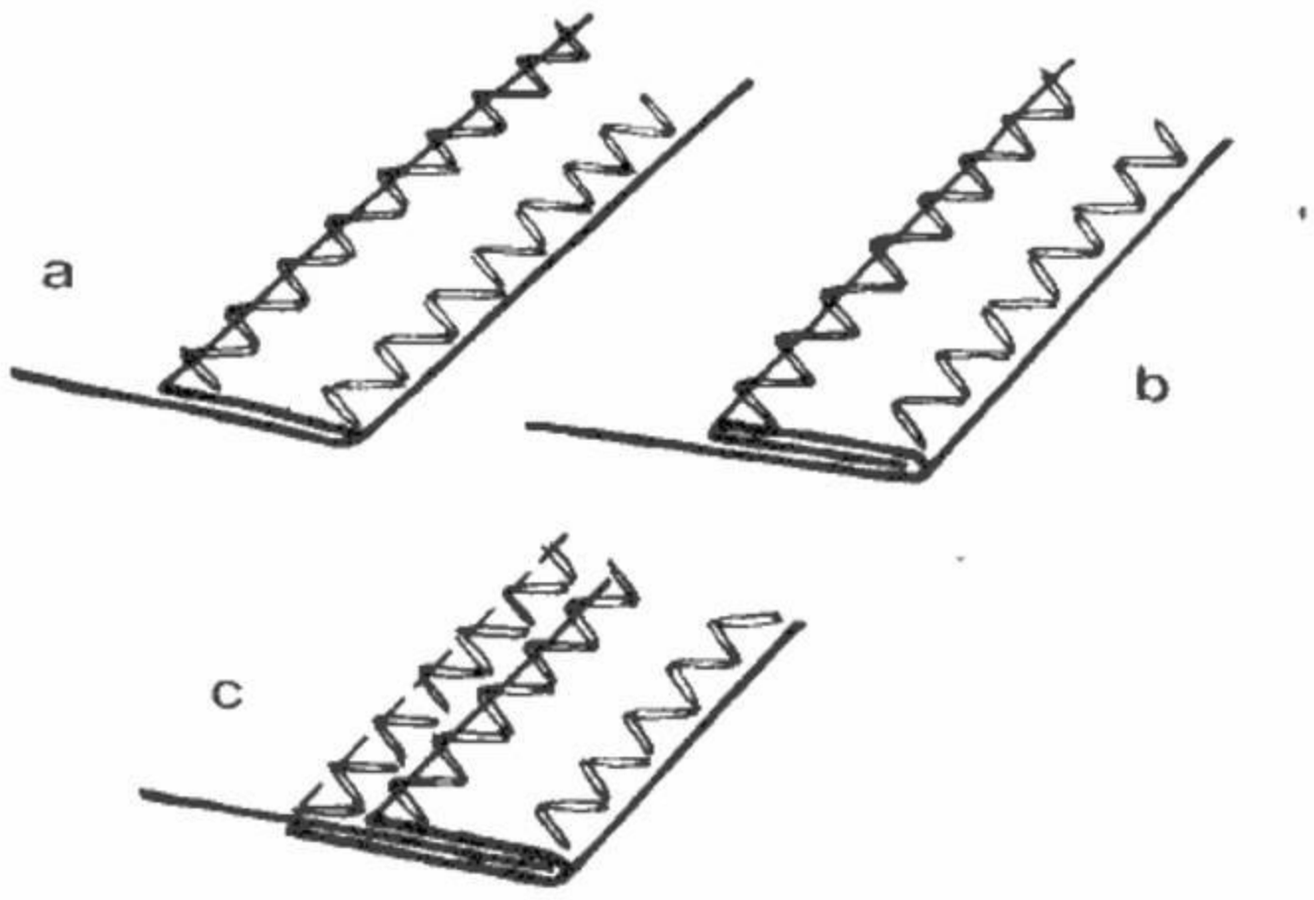


Figure 3-25 — *Montage des gaines et sangles.*
a) ourlet simple ;
b) ourlet double ;
c) gaine ou sangle rapportée.

Sauf pour les voiles très bon marché, la gaine est toujours rapportée sur le guindant et la bordure, et généralement sur la chute.

Pour un ourlet replié 2 fois, il faudra compter une bordure de 25 mm et s'il est replié 3 fois, 35 à 40 mm.

- *Ralingues*

Les *ralingues* sont constituées d'une gaine et d'un cordage. La gaine est soit une sangle, soit une bande de même tissu que la voile ou de tissu plus fort, de 50 à 80 mm, souvent prélevée sur le bord même de la voile et repliée de façon à obtenir le nombre voulu d'épaisseurs.

La couture de la ralingue sur la voile peut s'opérer à la main ou à la machine. La première méthode, utilisée universellement autrefois mais réservée maintenant uniquement aux voiles de grandes surfaces, requiert des spécialistes hautement qualifiés.

Il faut savoir en effet évaluer exactement les différences d'allongement du tissu et de la ralingue définissant l'*embu* nécessaire. Il faut également que la couture soit effectuée de façon parfaitement régulière pour que le cordage ne provoque pas de torsion du tissu, préjudiciable à la forme de la voile.

C'est pourquoi dans la mesure du possible, on coud les ralingues à la machine d'autant plus facilement que la ralingue n'a plus le rôle important qu'elle jouait autrefois.

En effet, sur les voiles en coton, la ralingue supportait l'effort de la voilure alors qu'aujourd'hui, sauf sur les voiles importantes, elle ne sert, la plupart du temps, qu'à enverguer la voile sur les espars : la sangle ou la gaine étant suffisantes pour encaisser l'effort.

Cette différence essentielle par rapport au ralinguage classique n'a été possible que grâce aux caractéristiques des matériaux synthétiques. Ike Manchester fut, aux Etats-Unis, un des premiers à adopter ce procédé, qu'il a baptisé *BolTape,* après de nombreux essais. On peut même envisager la suppression totale de la ralingue dans le cas où la voile est montée avec des coulisseaux sur rail. Avec une bôme à rouleau et un mât à gorge, la ralingue peut être supprimée sur la hauteur correspondant à l'enroulement maximum sur la bôme et remplacée par des chavillots.

Les cordages utilisés sont en Tergal ou en Nylon préétiré (ce dernier plus résistant à l'abrasion) ou en polypropylène plus léger.

Les diamètres courants sont de :

— 8 ou 10 mm, suivant la gorge du mât, pour les dériveurs et voiliers à quille, jusqu'à 20 m² de surface de grand-voile ;

— 12 à 14 mm jusqu'à 30 m² ;
— 16 mm au-dessus de 30 m².

Le montage de la ralingue peut s'effectuer de deux façons.

Dans le premier cas, le cordage est cousu au préalable sur la gaine. Celle-ci, repliée, est ensuite cousue directement sur le bord de la voile *(fig. 3-26 a)*.

Dans le second cas, on coud un des côtés de la gaine avec l'ourlet de la voile. Le cordage est ensuite cousu dans l'axe de la gaine qui est repliée et cousue à son tour sur le bord de la voile *(fig. 3-26b)*.

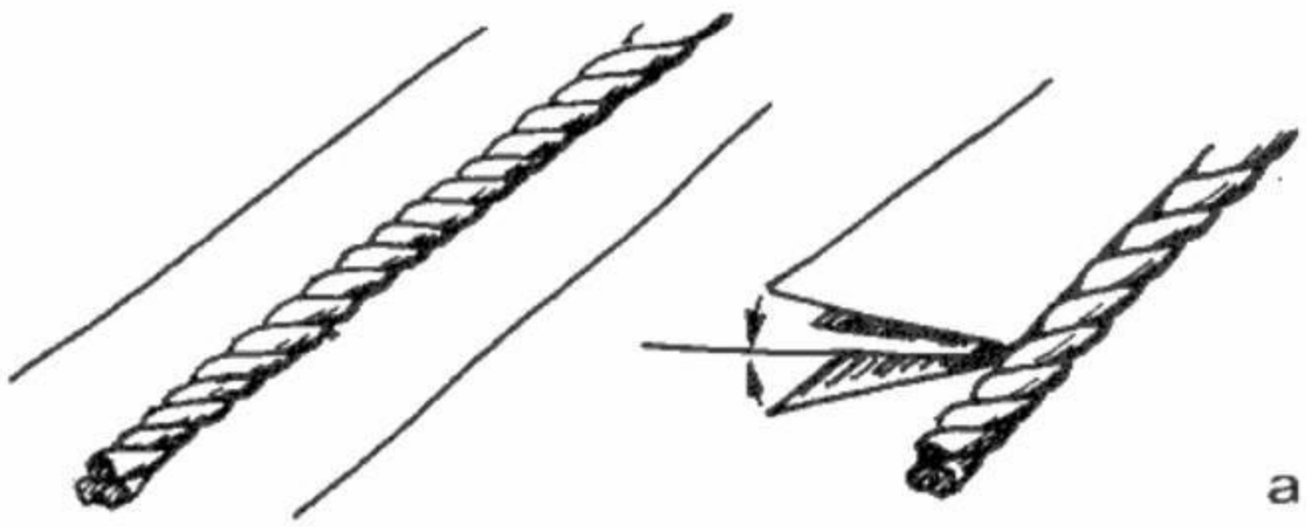


Figure 3-26 — *Montage de la ralingue sur la gaine.*
a) ensemble gaine et ralingue préfabriqué ;
b) montage pendant la pose de la gaine ;
c) ralingue noyée dans la gaine.

De plus en plus cependant la ralingue extérieure est abandonnée au profit d'une ralingue noyée dans la gaine et maintenue par une simple couture d'étranglement. On peut ainsi régler facilement après coup la valeur de l'embu et la tension relative de la toile et de la ralingue (*fig. 3-26 c).*

Les coutures se font en partant du point d'amure vers les points de drisse et d'écoute.

Si la voile est enverguée dans des engoujures du mât et de la bôme, les extrémités de la ralingue sont coupées au fer chaud et une surliure cousue les assure sur la voile. Une garniture d'usure en basane est souvent rapportée sur les voiles importantes. Il existe également des coulisseaux spéciaux (*fig. 3-30*) en métal ou en matière plastique, rapportés sur la voile par une sangle, et qui supportent, mieux que la ralingue, la traction importante, surtout au point d'écoute.

Si la voile est enverguée à l'aide de coulisseaux (il s'agit alors en général de grandes surfaces), la ralingue se prolonge autour du point d'écoute et de la planche de tête pour se terminer par une queue de rat sur la chute.

Les tensions de la gaine, du cordage et de la voile doivent être parfaitement associées en fonction de leurs caractéristiques propres d'allongement.

- *Point d'amure et point d'écoute*

Les cosses de *point d'amure* et de *point d'écoute,* sont constituées d'un œillet sur bague ou, sur les petites voiles, d'un simple œillet à dents.

L'anneau qui forme la bague est placé sur la voile dans laquelle on a préalablement découpé un trou de diamètre égal à la moitié de celui de la bague, ou on ménage une simple ouverture en croix *(fig. 3-27).* Il est ensuite cousu à la main sur la voile avec du gros fil passé en double ou même en quatre, les spires étant bien serrées les unes contre les autres. Il faut faire attention de ne pas piquer trop à l'extérieur de la bague pour ne pas faire froncer le tissu. Une bonne pratique consiste à faire alternativement un point au niveau du cercle et un autre au ras de la bague de façon à mieux répartir l'effort dans le tissu. On sertit ensuite dans l'œillet, un œilleton en laiton nickelé ou en métal inoxydable. Il faut éviter le laiton brut dont le vert de gris pourrait tacher la voile.

L'œillet à dents comporte une contre-bague munie de dents qui en s'écartant vers l'extérieur coincent le tissu dans la collerette. Il

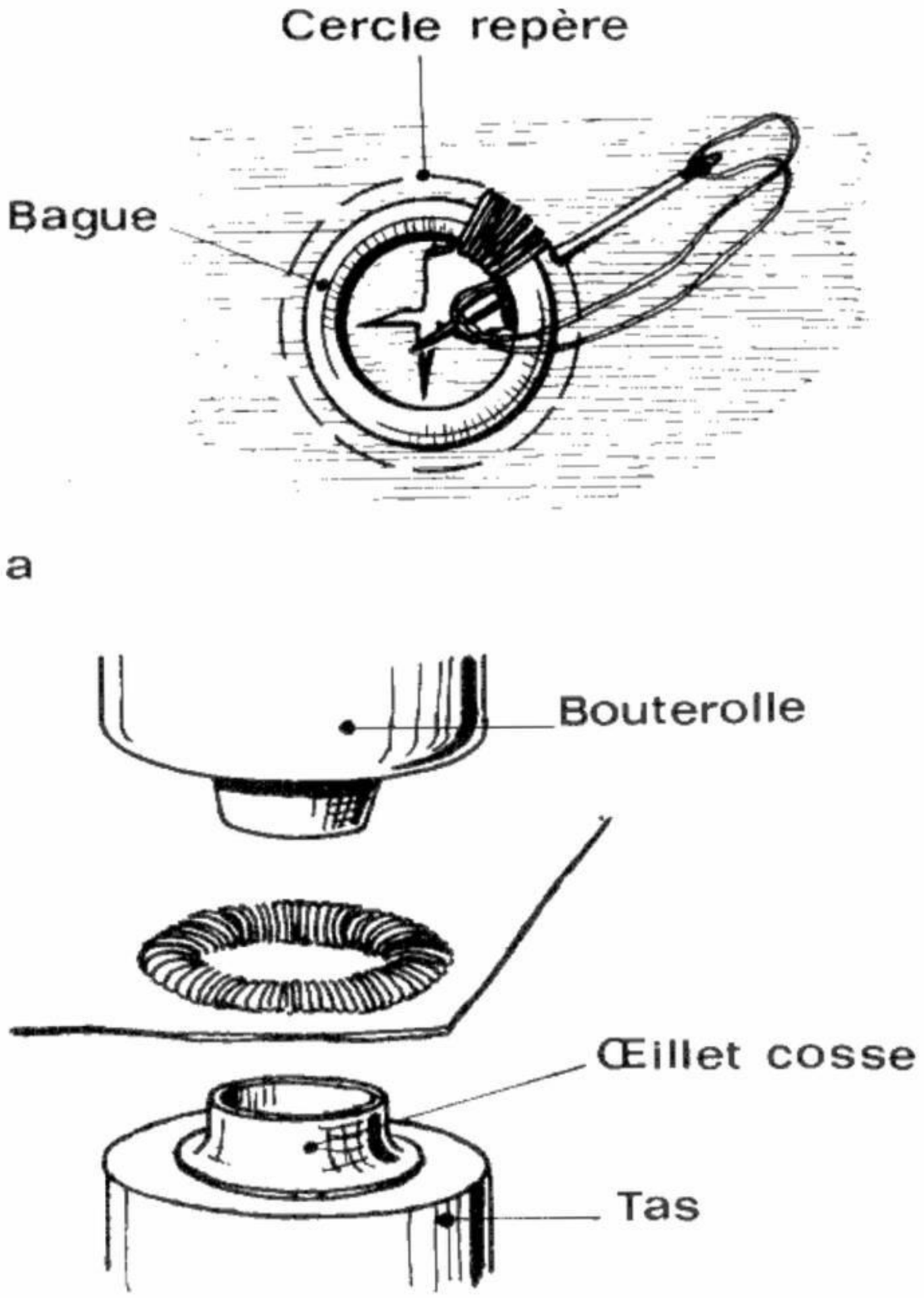


Figure 3-27 — *Fabrication d'un œillet sur bague.*
a) couture de la bague ;
b) pose de l'œillet cosse.

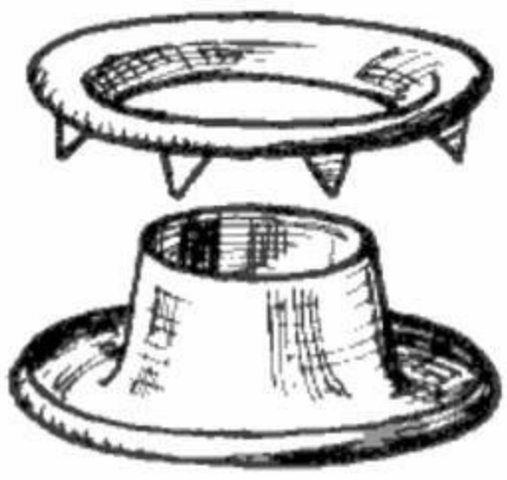


Figure 3-28 — *Œillet à dents.*

se sertit avec une bouterolle au marteau ou avec un balancier *(fig. 3-28)*.

Les voiliers professionnels utilisent aujourd'hui des procédés plus expéditifs en se servant de bagues en acier inoxydable ou en matière plastique comportant un grand nombre de pointes ou de picots traversant les multiples épaisseurs de renfort et maintenues par un œilleton en acier inoxydable serti à la presse hydraulique.

Au point d'écoute, l'œillet devra être placé à une distance suffisante de la ralingue pour laisser le passage des lèvres de la bôme.

Si la voile est destinée à supporter des efforts importants, l'œillet est relié à un ou deux autres plus petits placés en arrière afin de répartir l'effort d'arrachement sur une plus grande surface de tissu. D'autre part, l'œillet de point d'écoute est parfois entouré d'un cordage cousu se terminant en queue de rat sur la chute et parallèlement à la ralingue de bordure (*fig. 3-29*).

Sur les voiles à grand allongement où l'effort au point d'écoute est très élevé la ralingue est souvent prolongée par un coulisseau métallique (bronze ou acier inox).

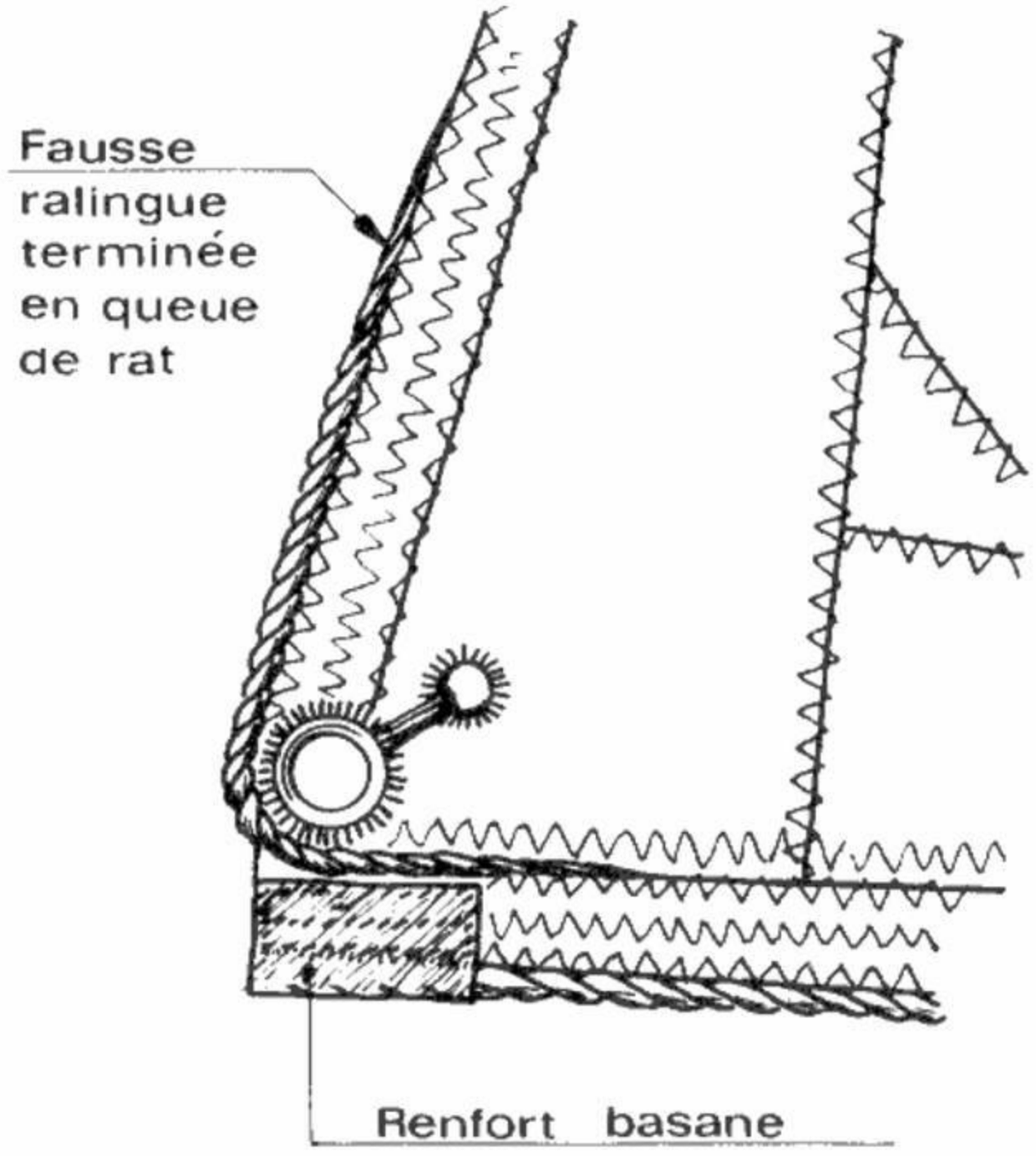


Figure 3-29 — *Point d'écoute renforcé.*

- *Planche de tête*

La *planche de tête,* appelée également têtière est un renfort en matière plastique ou en alliage léger, placé au point de drisse (*fig. 3-30*).

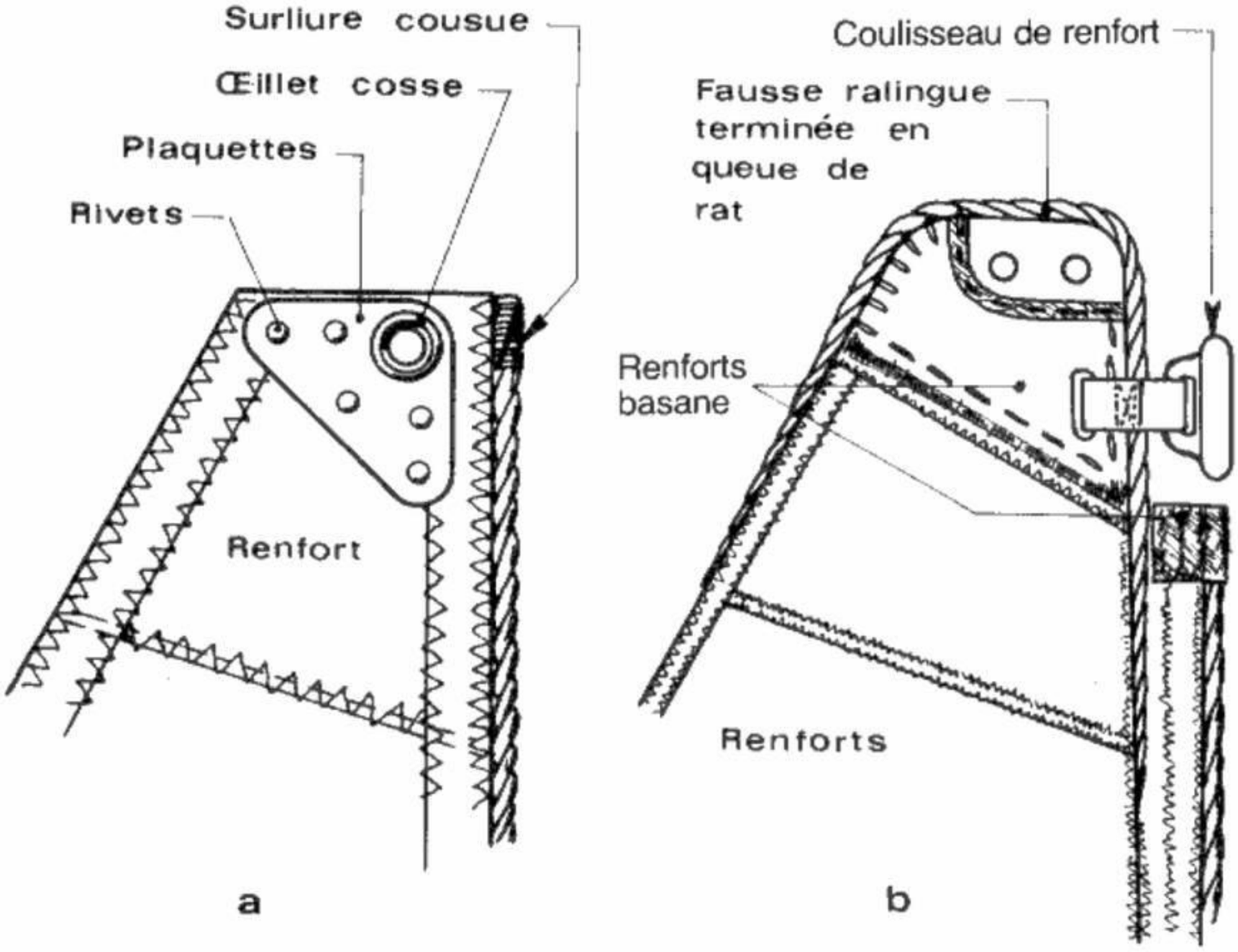


Figure 3-30. — *Planches de tête.*
a) dériveur ;
b) voilier de croisière.

Elle doit y être solidement fixée car les efforts qu'elle a à supporter sont très importants. Elle est pour cela, sur les voiles d'une certaine importance, placée à l'intérieur des renforts et ceinturée par le prolongement de la ralingue si la voile est enverguée sur un rail, ou par une ralingue partielle reprise dans la gaine du guindant si l'envergure est tenue dans une engoujure du mât ; comme pour le point d'écoute, l'extrémité arrière se termine sur la chute par une queue de rat noyée dans l'ourlet.

Sur les voiles à grand allongement où l'effort au point de drisse est très élevé la ralingue est souvent prolongée par un coulisseau métallique (bronze ou acier inox). Lorsque le guindant est monté sur des coulisseaux, la planche de tête porte deux de ceux-ci.

Sur les petites voiles, la planche de tête est souvent constituée de deux plaquettes d'alliage léger ou de matière plastique, plaquées sur les deux faces des renforts et assemblées par des rivets tubulaires. Un œillet-cosse renforce le trou.

- *Goussets de lattes*

Les *goussets de lattes* sont destinés à maintenir les lattes servant à soutenir la chute. Sauf pour les lattes forcées qui s'étendent sur toute la largeur de la voile, le gousset se termine à l'arrière par un onglet supérieur de même largeur que celui-ci. L'onglet est ouvert sur l'arrière alors que le gousset proprement dit est fermé (*fig 3-31*). La latte enfilée de travers par l'ouverture se trouve retenue une fois qu'elle est à fond de gousset.

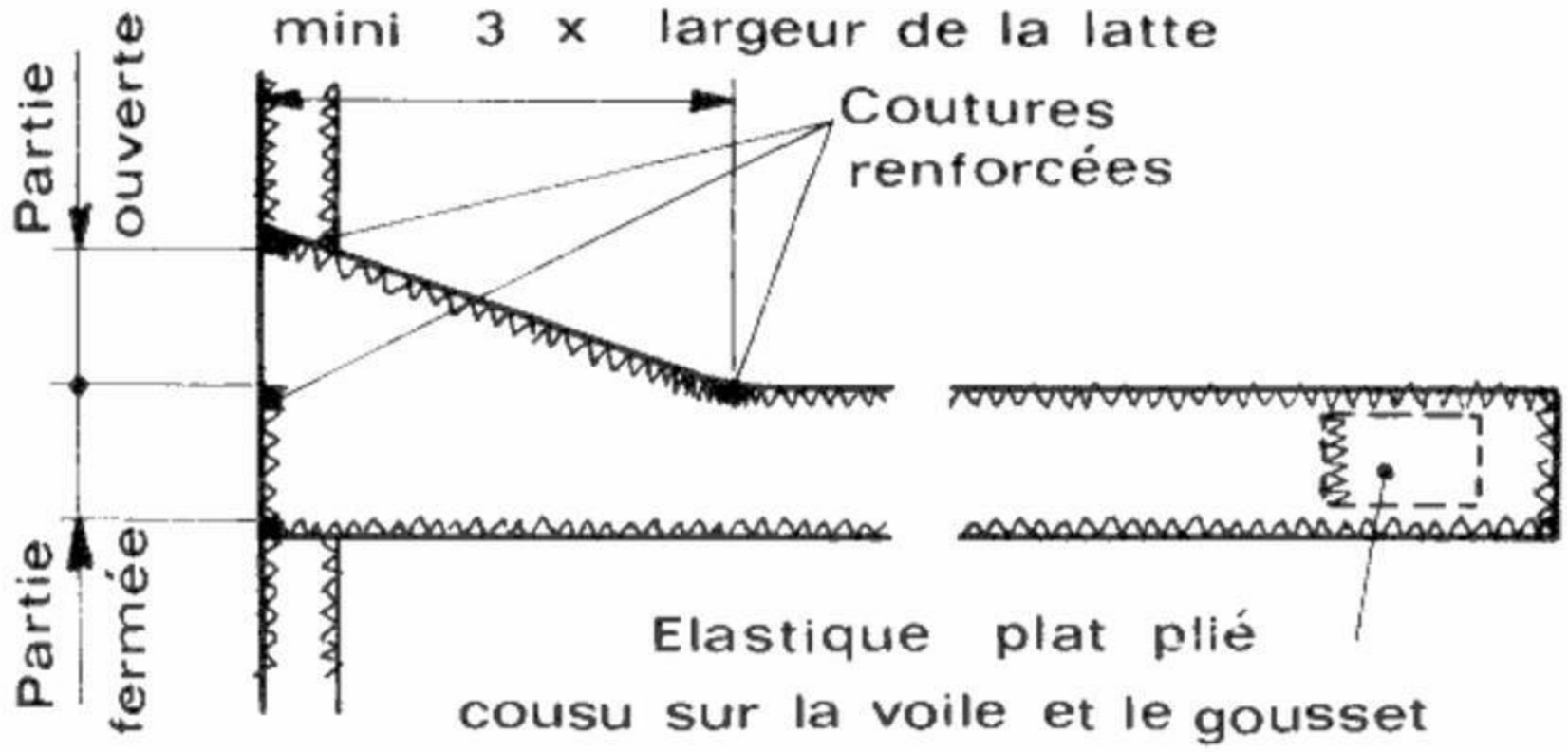


Figure 2-31. — *Gousset de latte.*

Les goussets coupés à chaud dans le même tissu que la voile, sont cousus directement à plat ou avec un ourlet.

Les coutures aux points d'usure de l'ouverture et du gousset doivent être renforcées par un point de bourdon. Afin de ne pas forcer la latte dans le gousset et d'éviter les plis qui ne manquent pas d'apparaître sur la voile, on place souvent au fond du gousset un élastique plat replié et cousu d'un côté sur la voile et de l'autre sur le gousset.

Avec une latte forcée, le gousset est toujours ouvert ; pour faciliter l'insertion de la voile, les coutures sont arrêtées 1 ou 2 cm avant la chute, laissant un petit volet libre (*fig. 3-32*).

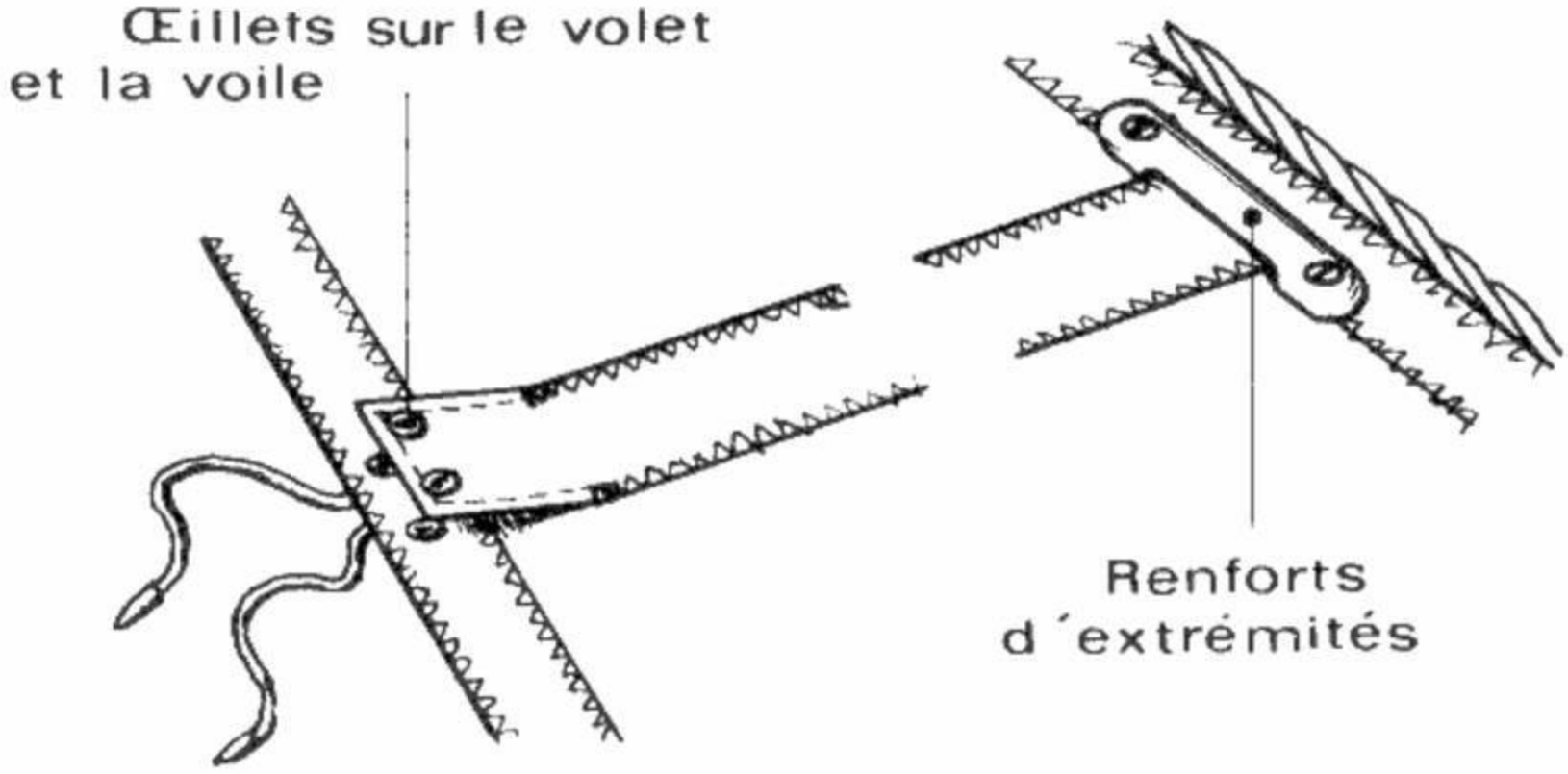


Figure 3-32. — *Gousset de latte forcée.*

Pour maintenir la latte en place et régler sa tension, qui doit toujours être faible, un petit cordeau, ou hanet, est cousu sur la voile et passe par des œillets posés sur celle-ci et le volet et par des trous percés dans la latte. Des lacets en Nylon dont les extrémités sont noyées dans un moulage de matière plastique conviennent parfaitement.

L'extrémité de la latte venant buter contre le mât, le gousset est protégé par deux petites pièces en Nylon fixées de chaque côté par des vis traversant le tout.

Le gousset doit être nettement plus large au milieu qu'aux extrémités pour permettre le débattement du tissu autour de la latte.

Pour les grandes voiles, les largeurs de lattes sont comprises entre 45 et 75 mm. Sur les dériveurs et les voiliers de course elles font 30 à 40 mm.

Les goussets doivent avoir environ 1 cm de plus de largeur.

Différentes dispositions des laizes

La coupe classique comportant toutes les laizes parallèles faisant un angle droit avec la chute est de loin la plus répandue (*fig. 3-33*).

Il faut cependant en signaler une variante mise au point en 1964 par Lowell North, sous le nom de *Twist Foot*, et adoptée ensuite avec quelques différences. Elle consiste, avant tout, à remplacer les laizes parallèles situées au-dessous du point d'amure par des laizes rayonnantes à partir de ce point, de largeurs variables suivant les

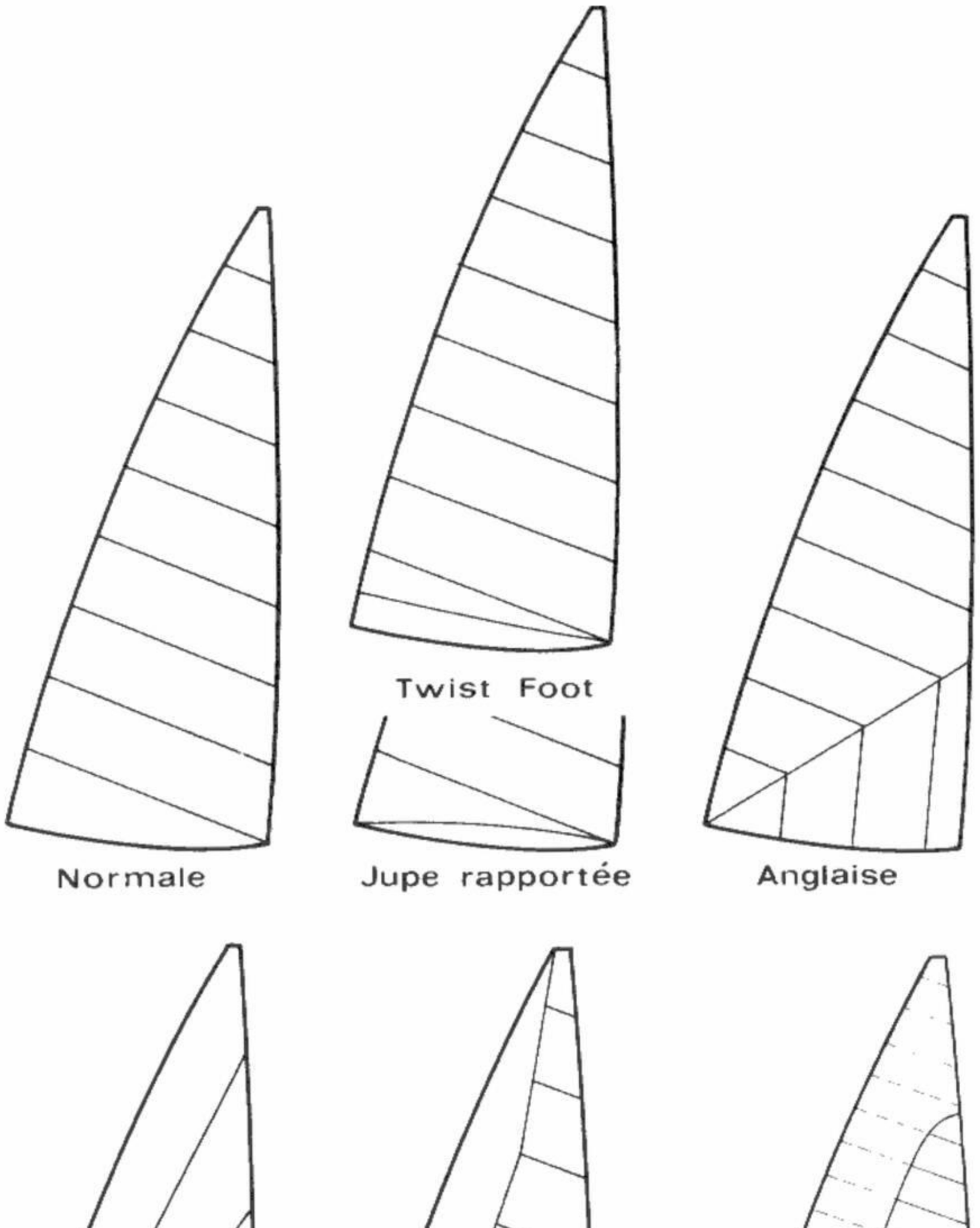


Figure 3-33. — *Différentes coupes de grand-voiles.*

voiliers, coupées plus ou moins de biais dans le tissu et comportant sur leurs lisières des ronds importants dont la somme est plus grande que le rond que l'on prévoirait normalement.

Ce procédé permet à la voile de conserver sa forme concave le plus bas possible et de donner à la bordure des caractéristiques d'allongement particulières, facilitant le réglage de la position du creux.

On peut aussi obtenir des résultats voisins avec une ou deux pinces placées perpendiculairement à la laize à l'endroit du maximum de creux ou des demi-laizes comme nous l'avons vu précédemment. Ce système à remplacé celui de la jupe rapportée utilisée également par Lowell North.

La seconde disposition adoptée est la coupe dite à l'anglaise. La voile est divisée suivant une bissectrice partant du point d'écoute. La partie supérieure est classique tandis que, dans la partie inférieure, les laizes sont disposées perpendiculairement à la bordure. Grâce à des coutures très forcées le long de la bordure, on obtient des résultats analogues au *Twist Foot*.

Toutes les autres dispositions que l'on a pu voir ont été dictées par les caractéristiques particulières des tissus et leur adaptation aux efforts de la voile, principalement sur la chute. Elles ne sont montrées qu'à titre de curiosité et ne sont plus utilisées.

Les voiliers s'étant habitués à travailler avec des laizes en double épaisseur, l'utilisation de celles-ci s'est étendue à des parties limitées de la voile, en particulier la chute, comme dans la coupe *Crescent* de Hood.

Le poids total de la voile peut ainsi être réduit tout en donnant à la chute, qui est la plus solicitée, une résistance à l'allongement supérieure.

GRAND-VOILES DE GROS TEMPS

Elles sont de deux types : voile de cape et voile suédoise.

Voile de cape

Elle est triangulaire, le point d'écoute étant plus bas que le point d'amure. La bordure est libre et l'écoute passe directement par une poulie fixée sur le pont. Elle ne porte pas de latte et, de ce fait, il est

bon de donner à la chute une courbure légèrement concave (environ 2 % de la longueur). Le guindant et la bordure sont rectilignes.

Les laizes sont disposées parallèlement à la chute et le montage doit être particulièrement renforcé (*fig. 3-34*); de ce fait il faut utiliser un tissu équilibré. La ralingue se termine en queue de rat sur la chute aux points de drisse et d'écoute qui sont équipés de pattes à cosse.

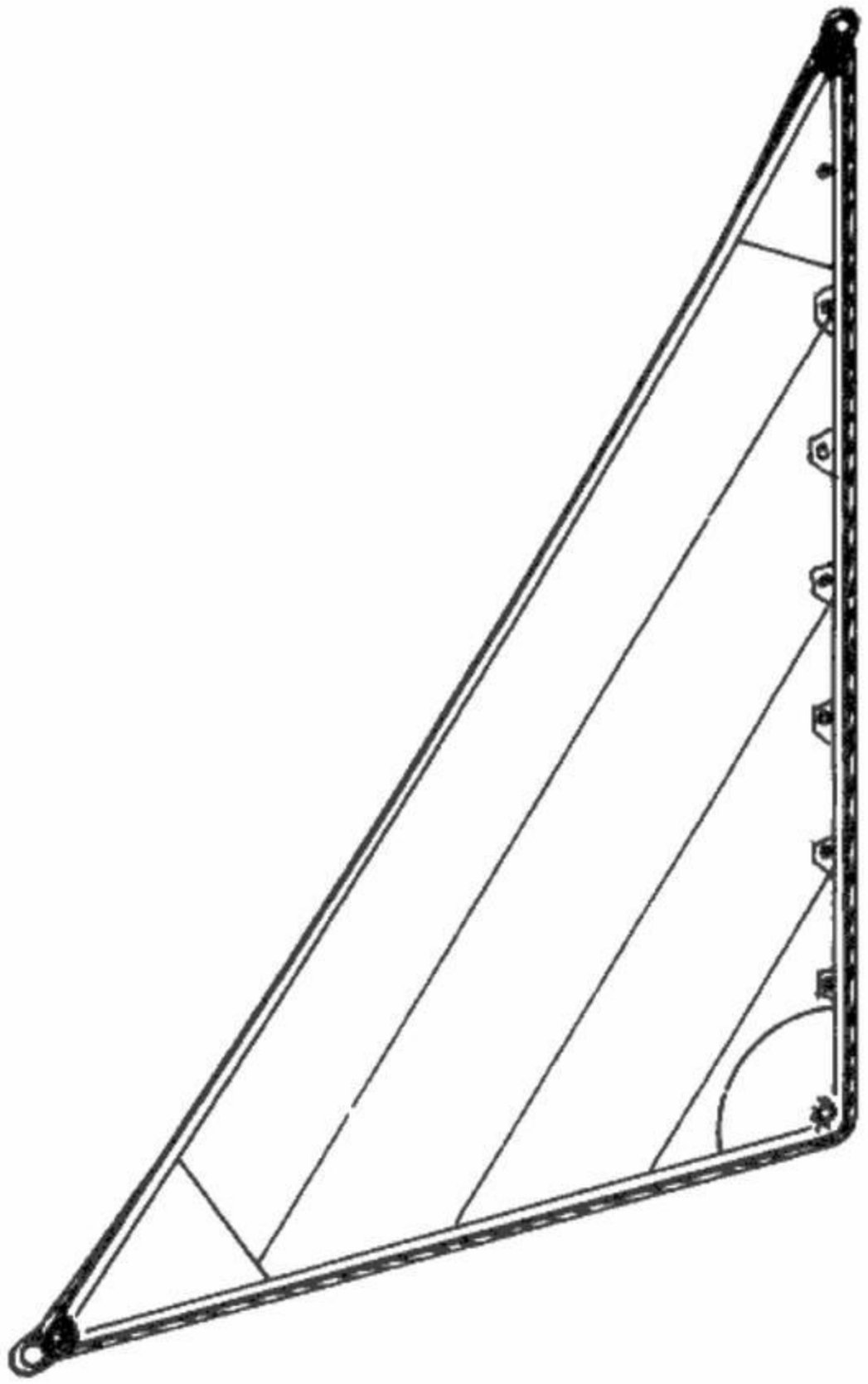


Figure 3-34. — *Voile de cape.*

Bien que d'un rendement assez mauvais, cette voile a surtout l'avantage de permettre de conserver la grand-voile ferlée sur la bôme amarrée sur son support.

Il est très intéressant de disposer pour la voile de cape d'un rail particulier placé à côté du rail principal et équipé de l'œil nécessaire pour la fixation du point d'amure.

Si le mât comporte une engoujure, ce qui nécessite de descendre complètement la grand-voile, on prévoira une pantoire fixée au

point d'amure de la voile de cape pour que celle-ci tombe automatiquement à sa place.

Voile suédoise

La grand-voile suédoise (*fig. 3-35*) est enverguée sur le mât et la bôme. Le guindant et la bordure sont égaux à 65 à 75 % environ de ceux de la grand-voile avec un rapport de 1/0,4 environ.

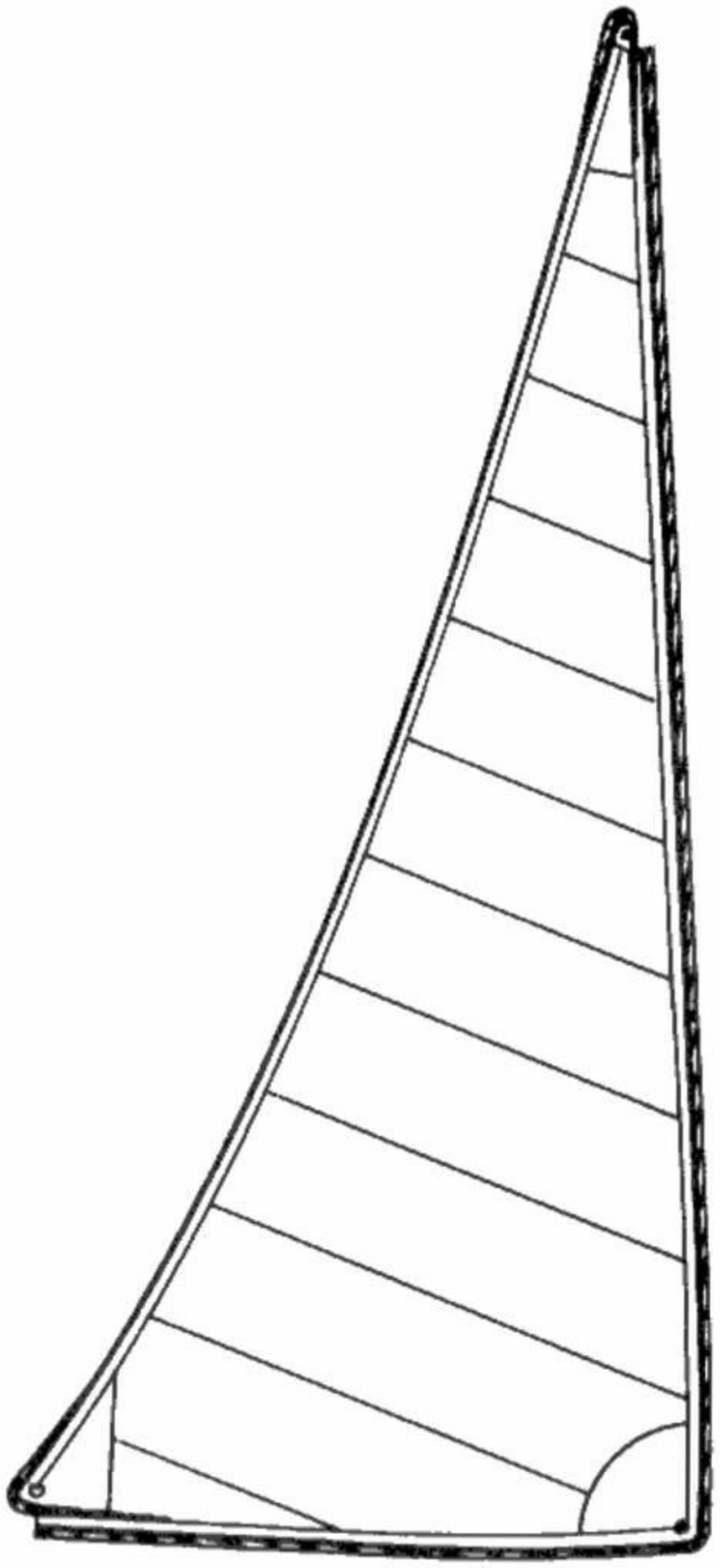


Figure 3-35. — *Petite grand-voile ou suédoise.*

La chute ne comporte pas de latte et est coupée avec une échancrure égale à 5 % de la longueur et dont le maximum est placé vers le 1/3 inférieur.

Sur le guindant, le rond est égal à 2 % de la normale à la chute et placé au 1/3 inférieur. Sur la bordure, il est égal à 1 % du guindant et placé au 1/3 avant.

Les laizes sont disposées comme pour une grand-voile classique et le montage renforcé.

Si la surface est prévue assez grande (guindant correspondant à la grand-voile à 1 ris), il faut la munir d'une bande de ris.

L'avantage de cette voile est de pouvoir éventuellement remplacer la grand-voile et d'avoir un meilleur rendement.

VOILES D'AVANT

Tracé

Etant donné l'absence complète d'élément de soutien rigide, le tracé des voiles d'avant est un des plus complexes qui soient.

Il s'effectue, bien sûr, en partant des trois points correspondant aux sommets du triangle. La réduction sur les longueurs sera de 1 % environ sur la chute et la bordure. Pour le guindant, la réduction dépendra du procédé d'étarquage et du système de mesure de la jauge. Normalement, elle sera de 0,5 % environ, mais elle peut aller jusqu'à 10 % sur un génois léger à guindant élastique *(stretchy luff)*.

On porte ensuite la bissectrice de l'angle du point d'écoute et la perpendiculaire au guindant, ou hauteur, issue de ce même point (*fig. 3-36 et 3-37*).

Lorsque les dimensions de la chute et de la bordure ne sont pas définies autrement que par la longueur de la perpendiculaire au guindant, comme dans le cas de la jauge ÎOR, on aura intérêt à descendre au maximum le point d'écoute (sauf pour les génois très légers et les reachers pour lesquels il vaut mieux avoir le centre plus haut), pour fermer la fente entre la voile et le pont. Mais attention, il ne faut pas oublier de prendre des mesures précises sur le bateau!

Reste maintenant à déterminer les ronds.

Il faut d'abord remarquer que plus l'angle entre deux côtés de la voile est faible, plus il est difficile d'aplatir le tissu dans cette partie, ce qui est le cas en particulier aux points de drisse et d'amure des yankees.

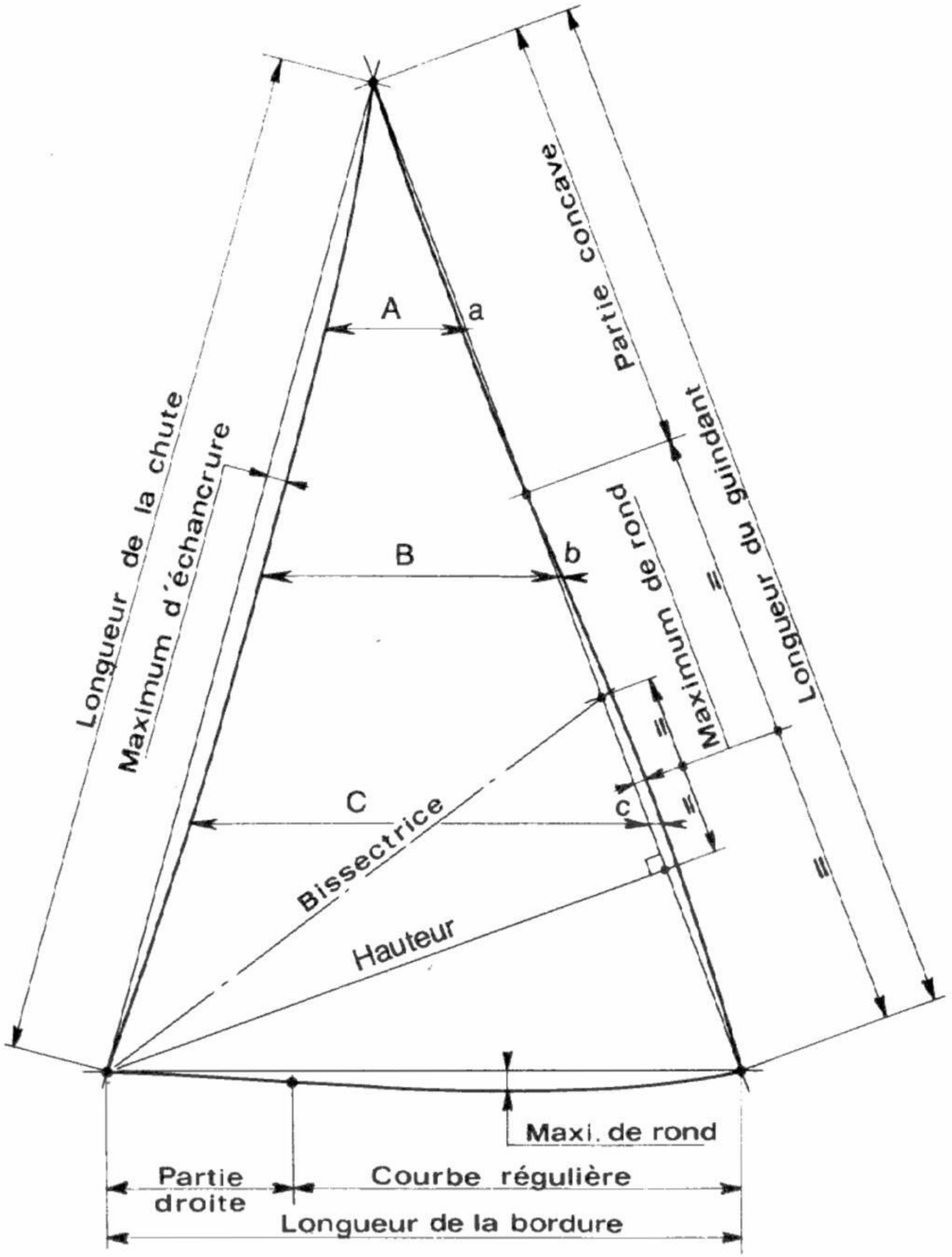


Figure 3-36. — *Tracé d'un foc.*

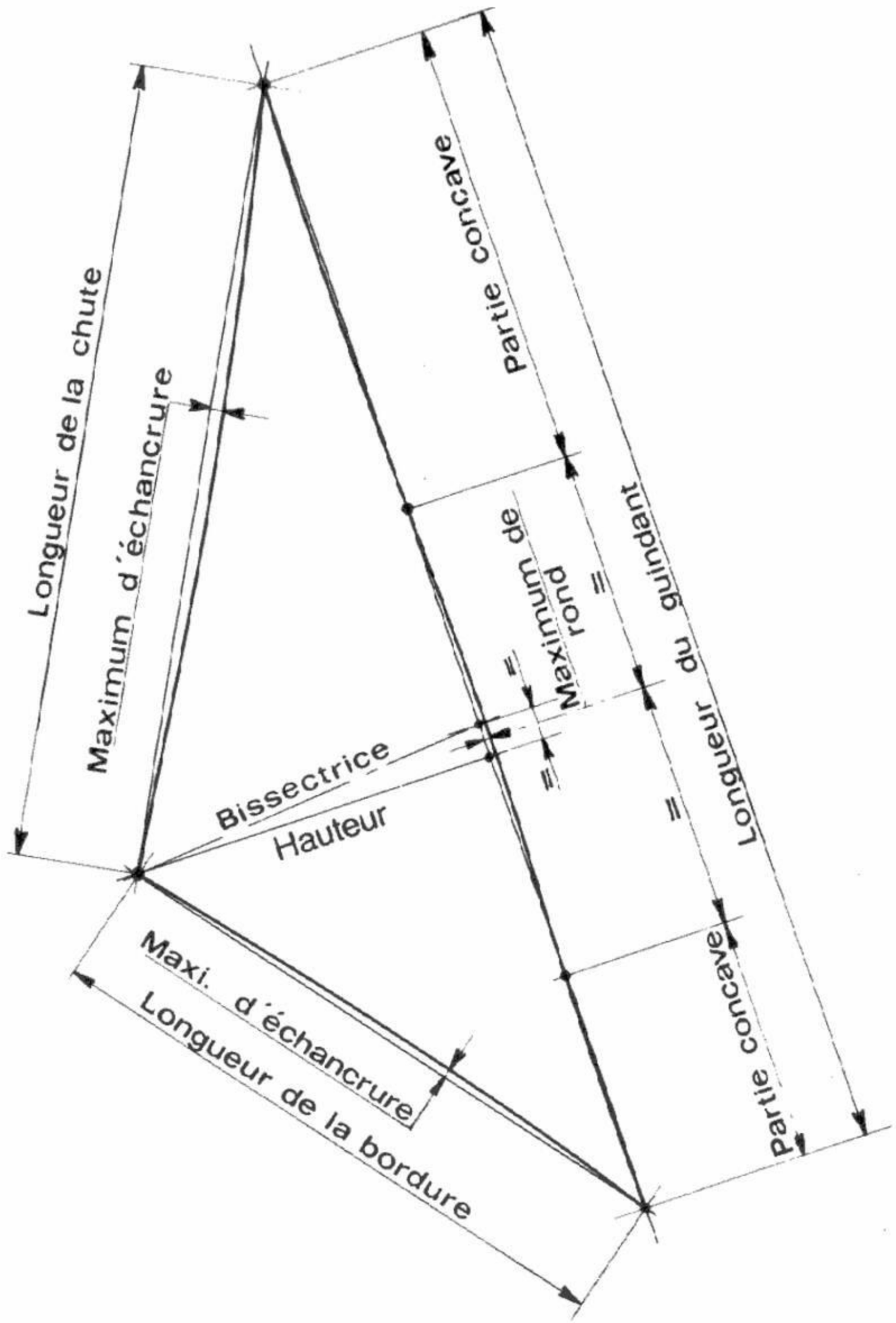


Figure 3-37. — *Tracé d'un yankee.*

- *Guindant*

Pour le *guindant*, on est donc conduit à utiliser une courbure composite.

Le maximum de rond se trouve placé à mi-distance entre les pieds de la hauteur et de la bissectrice issues du point d'écoute. Sa

valeur dépend du creux que l'on veut donner à la voile, mais aussi de la raideur de l'étai.

Sur un dériveur où le foc n'est pas toujours endraillé et n'a souvent qu'une ralingue en sangle, le rond est à peu près nul.

Avec un foc endraillé sur un étai bien tendu, on peut prendre en moyenne 1,3 % de la longueur de la perpendiculaire. L'arrondi s'étend de part et d'autre de son point maximum jusqu'à devenir nul à une distance sensiblement égale aux 2/3 de la hauteur. Pour les focs et génois normaux cela correspond, vers le bas, sensiblement au point d'amure. Vers le point de drisse (et également vers le point d'amure sur les yankees), le rond se raccorde soit par une tangente filant en ligne droite, soit même par une courbe légèrement concave.

Pour un foc de vent fort l'arrondi du guindant pourra être supprimé et même remplacé par une échancrure afin de compenser le dévers progressif de l'étai et l'allongement du tissu.

Si l'on désire procéder d'une façon plus « scientifique » on peut employer la méthode suivante.

On divise tout d'abord le guindant en quatre segments égaux déterminant trois points a, b, c. En chacun de ces points on mesure la longueur de la corde prise horizontalement A, B, C. On calcule alors le pourcentage d'allongement donnant la courbure désirée. Le tableau 3-III, page 92, donne ces valeurs. Page 100

Si l'on n'a pas une idée précise du creux que l'on désire donner à la voile on peut prendre une valeur moyenne de 2 %.

On calcule ainsi les valeurs de la flèche du guindant aux points a, b, c, *sans tenir compte de la flèche de l'étai.*

Si l'on n'a pas une idée précise de celle-ci on admettra qu'elle est égale à 1 % environ de la longueur du guindant au point b et 0,87 % aux points a et c. Il suffit alors d'ajouter *algébriquement* les deux flèches pour obtenir la flèche résultante qui pourra être positive (rond) ou négative (échancrure).

- *Chute*

Pour la *chute*, afin de maintenir celle-ci aussi plate que possible,il faut l'échancrer, à moins qu'elle ne soit munie de lattes. Le graphique de la *figure 3-38* donne la valeur de cette échancrure dont le maximum sera situé à peu près aux 2/5 supérieurs et dont la courbure est relativement moins accentuée vers le centre que vers les extrémités.

Il faut tenir compte également de la présence des barres de flèche

et de l'importance du recouvrement et du creux de la grand-voile. Plus ceux-ci sont importants, plus l'échancrure doit être large afin qu'il ne se produise par de restriction dans l'écoulement de l'air entre les deux voiles.

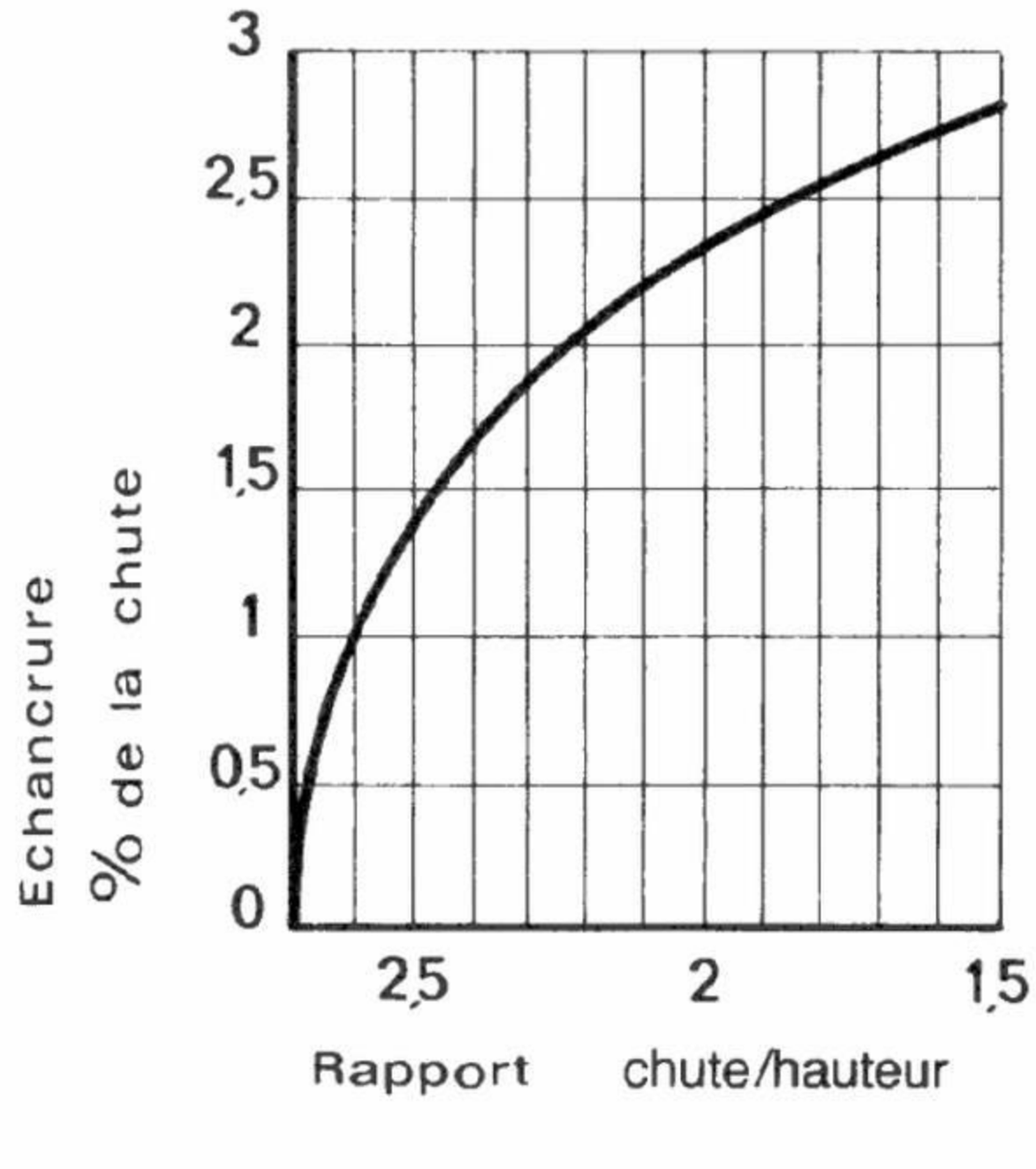


Figure 3-38. - *Valeur de l'échancrure de la chute des génois et trinquettes génoises. Pour les voiles légères ces valeurs peuvent être réduites de moitié.*

- *Bordure*

Pour la *bordure*, le problème est différent car, sauf si le rapport chute/bordure est voisin de 1, on peut prévoir un rond relativement important.

En effet, cette partie de la voile est soumise à des efforts aérodynamiques faibles et la tension qui s'y développe est surtout là pour équilibrer la traction de la chute; résultat, la bordure est presque toujours trop tendue et si l'on ne veut pas qu'elle s'aplatisse, il faut fournir un supplément de tissu. La valeur du rond, dont le maximum est placé entre 1/3 et 2/5 du point d'amure, est donnée dans le graphique de la *figure 3-39*.

On peut donner au rond de bordure des valeurs supérieures à 3 % de sa longueur, à condition d'y prévoir une ou deux petites lattes de longueur double de la valeur du rond.

Ces lattes, de même que celles prévues dans certaines séries sur la chute, sont enfermées à demeure dans leur gousset.

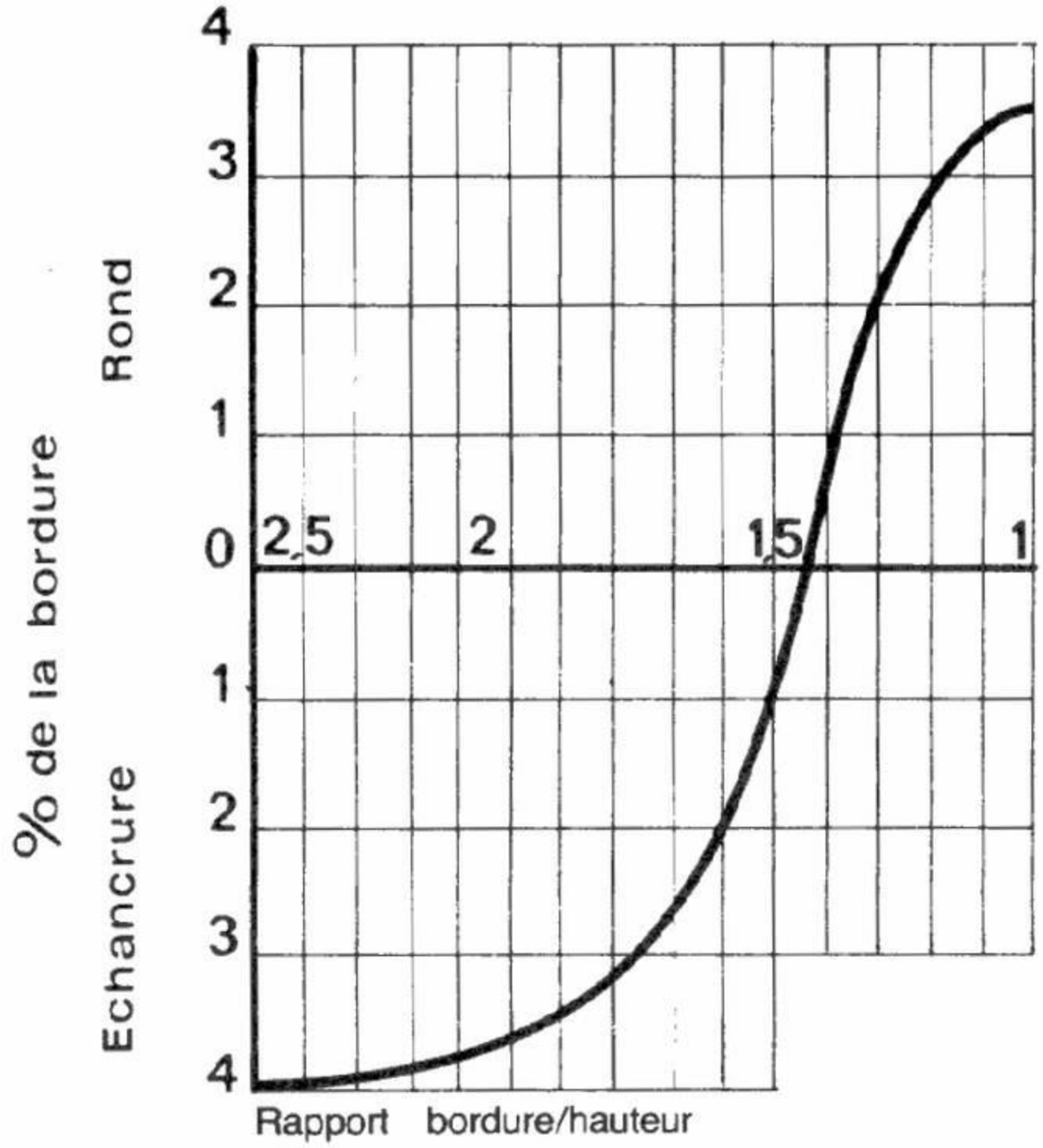


Figure 3-39. — *Valeur du rond ou de l'échancrure des bordure de focs.*

- *Tracé des laizes*

Le *tracé des laizes* est dans son principe analogue à celui des grand-voiles.

Les caractéristiques des tissus modernes très voisines en chaîne et en trame ont permis d'adopter de plus en plus pour les focs, de temps léger et moyen, une disposition à laizes parallèles faisant avec la chute un angle de 85 à 90° (*fig. 3-40*). Le tracé des laizes se fait simplement en partant de celle du bas, calée à l'angle convenable, les autres étant placées successivement en remontant vers le point de drisse et en alternant le déroulement de la toile du guindant vers la chute et inversement. Si la hauteur du foc ne correspond pas à un nombre juste de laizes, c'est celle du bas qui sera réduite, sans descendre toutefois au-dessous d'une demi-largeur.

Il sera souvent nécessaire de prévoir une ou deux pinces perpendiculaires à la bordure, surtout si le rond est important et ne

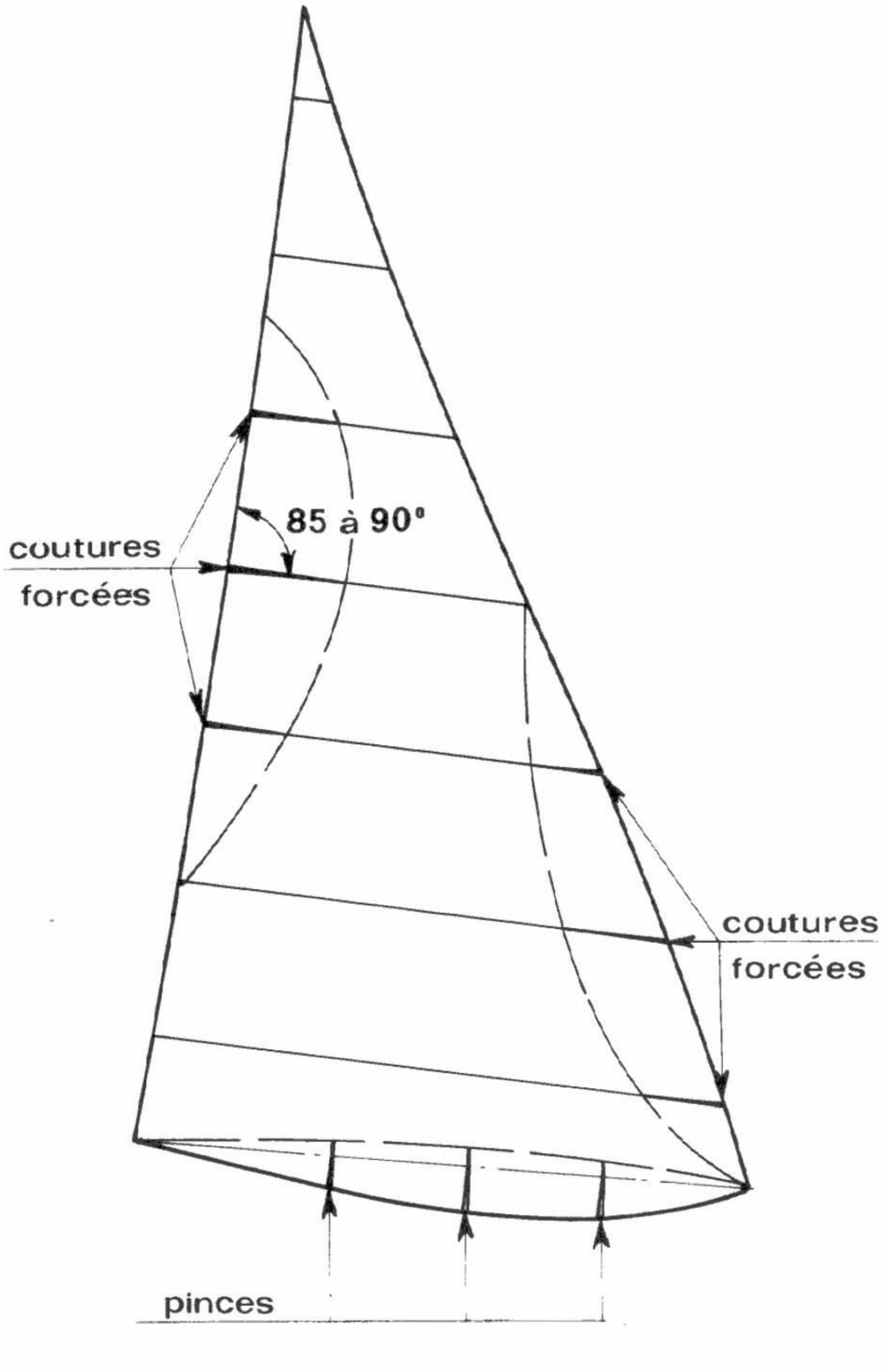


Figure 3-40. — *Tracé des laizes de foc en coupe normale.*

comporte pas de latte. La plus forte sera placée au maximum du rond. Sa largeur sera égale au 1/10 du rond et sa longueur au double du rond. Ces valeurs sont approximatives et il sera souvent nécessaire de les retoucher après essai.

Comme pour les bordures de grand-voiles, on peut remplacer les pinces par une division de la laize inférieure en plusieurs tronçons dont le droit fil est vertical, ce qui permet de forcer les coutures jusqu'à l'avant de la voile. Il est également possible de la remplacer par plusieurs laizes triangulaires partant du point d'amure *(fig. 3-51)*.

Pour les voiles de petit temps où l'on désire conserver le creux le plus bas possible et disposer d'une bavette importante, la bordure peut être constituée d'une laize en forme, partant du point d'amure pour se terminer plus ou moins au-dessus du point d'écoute. Les coutures sont forcées vers l'avant et l'arrière et la forme est donnée par des pinces perpendiculaires à la bordure ou une découpe de la laize en plusieurs tronçons.

Ceci évite que la bordure soit prise dans le biais du tissu et se déforme sous la tension importante à laquelle elle est soumise lorsqu'on recule les filoires pour permettre l'ouverture de la chute.

Des pinces sont parfois nécessaires sur la chute, elles ne seront pas coupées dans la lisière du tissu, mais obtenues en « forçant » les coutures, c'est-à-dire en augmentant leur recouvrement. Leur largeur est en effet très faible, 1/50 environ de la largeur de la voile à leur niveau pour une longueur de 1/2 à 1/3 de cette largeur. Elles n'intéressent en général que le 1/3 des laizes situées au centre de la chute et demandent souvent un ajustement après essai.

Au sommet par contre, il pourra être nécessaire d'ouvrir les coutures, surtout si l'angle entre chute et guindant est faible car pour cette raison la voile a généralement tendance à se refermer en raison de la grande concentration de l'effort en ce point.

Pour placer correctement le creux, les coutures seront légèrement forcées sur le guindant dans les 2/3 inférieurs de la voile avec un maximum au 1/3 inférieur.

Pour les voiles atteignant un rapport chute/bordure voisin de 1 (génois et yankees) et pour les voiles de temps fort on conserve la coupe à « l'anglaise » dans laquelle la voile est divisée en deux parties suivant la bissectrice, on a ainsi plus de facilité à travailler leur forme. Dans la partie basse les laizes sont placées perpendiculairement à la bordure et dans la partie haute perpendiculairement à la chute (*fig. 3-41*).

Pour des raisons d'esthétique, on s'arrange souvent pour que les coutures des deux parties se rejoignent sur la bissectrice et au pied

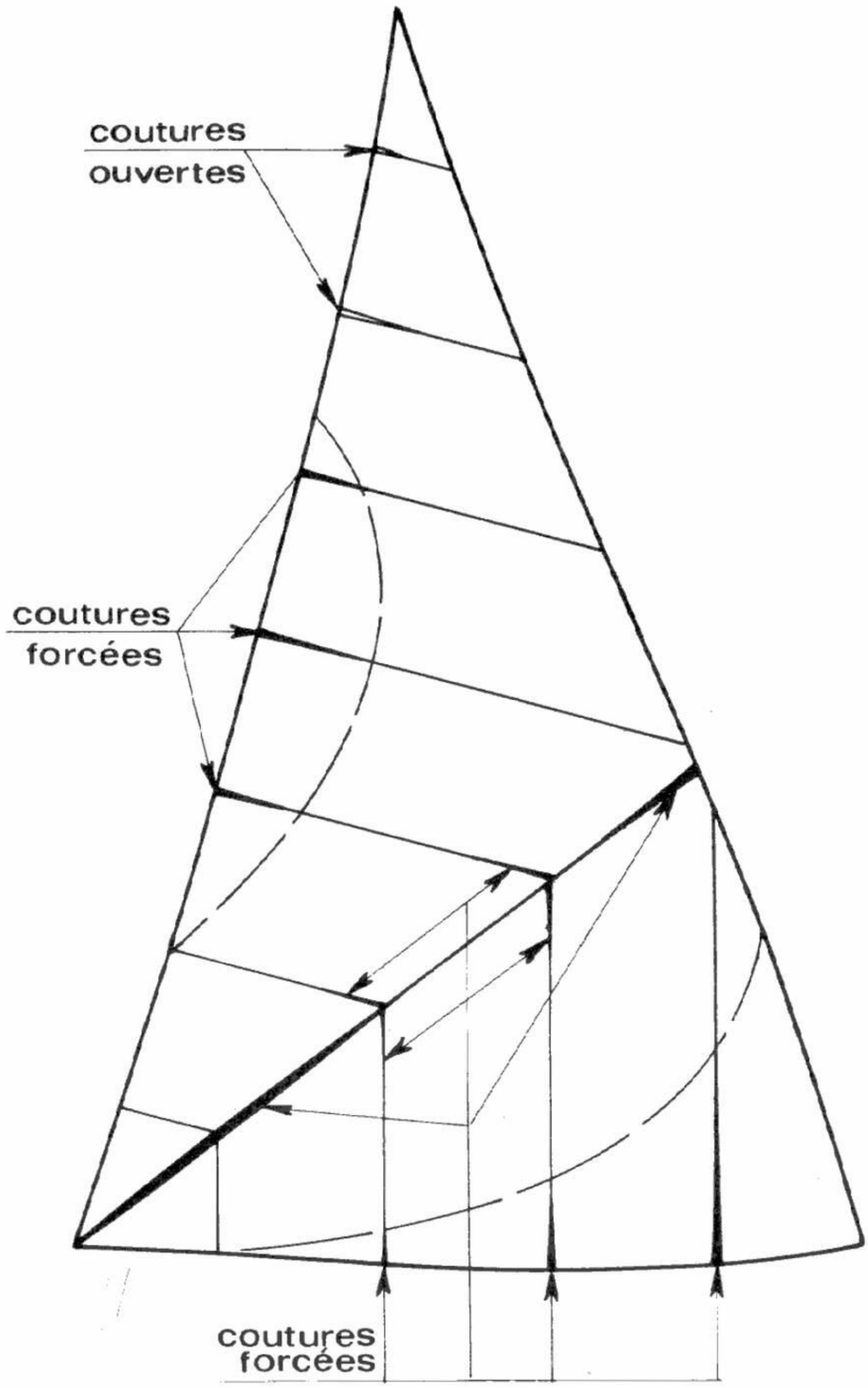


Figure 3-41. — *Tracé des laizes de foc en coupe à l'anglaise.*

de celle-ci, mais cela n'est nullement indispensable et complique le travail, car on se trouve à ces points de jonction avec trois coutures superposées, soit quatre épaisseurs de tissu. En fait, il vaudra mieux s'arranger pour que les laizes des extrémités soient sensiblement de largeurs égales.

Pour le tracé des laizes de chacun des panneaux on partira du point d'écoute et on commencera par le panneau inférieur; le recouvrement sur les lisières ainsi que sur la couture médiane sera conforme aux valeurs déjà données. Le recouvrement de la couture médiane sera placé à cheval sur la bissectrice. Les pinces sont les mêmes que dans le cas précédent, mais pour éviter que le biais des laizes provoque des poches de chaque côté de la ligne médiane, les coutures qui y aboutissent devront être légèrement forcées.

De même, pour placer correctement le creux on forcera la couture médiane sur son tiers avant, ainsi que dans la partie située entre son tiers arrière et le point d'écoute pour éviter la formation des plis et aplatir correctement cette partie.

Sur la bordure les coutures seront de plus en plus forcées vers le point d'amure sur les voiles de temps fort pour maintenir le creux sur l'avant.

Tracé des voiles d'avant spéciales

Les drifters et les reachers qui, par définition, sont des voiles nettement plus creuses que les autres focs seront toujours taillés selon la coupe normale. Ces voiles n'étant pas endraillées mais envoyées en l'air, le guindant prendra un creux important et devra être généralement échancré pour en tenir compte. Le creux sera formé par des pinces sur les 2/3 inférieurs du guindant.

Montage

Après avoir disposé toutes les laizes, on trace les repères au crayon et on les met en pile, la laize du point de drisse (et celle du point d'amure dans une coupe à l'anglaise) venant au-dessus.

Le montage s'effectue ensuite comme pour les grand-voiles. Pour les voiles coupées à l'anglaise, on assemble enfin les deux parties.

L'ensemble cousu, on le repose sur le tracé que l'on reporte par transparence.

On découpe et on coud les renforts (*fig. 3-42*) et on recoupe proprement les trois côtés. Sur la chute et la bordure on laisse une

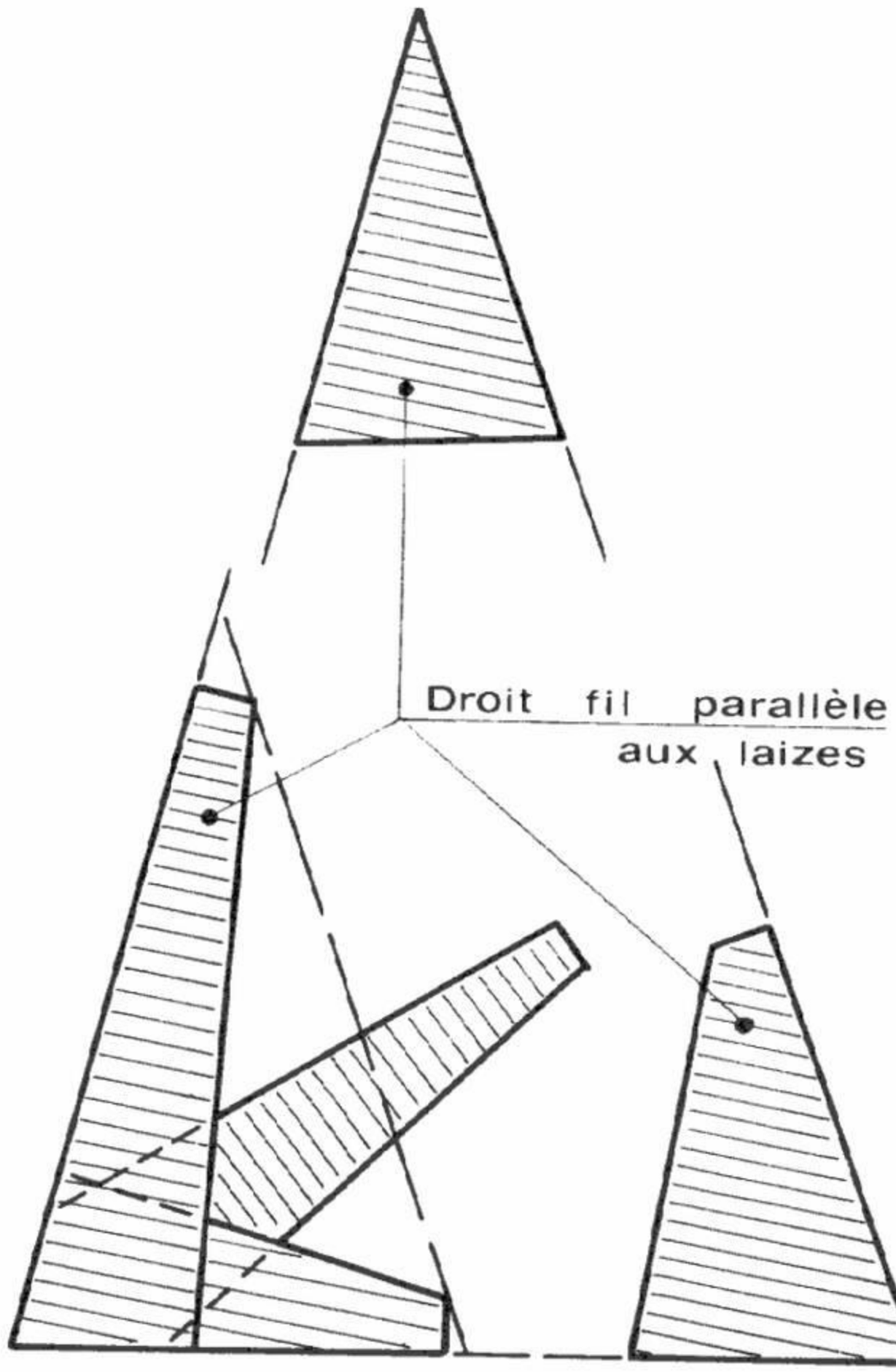


Figure 3-42. — *Disposition des renforts aux trois points d'un foc. Les renforts de point de drisse et de point d'amure ont une longueur comprise entre 1/10 et 1/15 du côté. La longueur est portée à 1/8 ou 1/10 pour le point d'écoute. Dans une coupe normale les trois renforts sont remplacés par un seul, triangulaire ou en arc de cercle.*

bordure de 15 à 18 mm environ pour un ourlet simple, sauf sur les voiles de gros temps où l'ourlet sera double, nécessitant une bordure de 35 à 40 mm. Mais il est toujours préférable de prévoir une gaine rapportée coupée le long de la chute et de la bordure.

Sur les voiles de compétition, on supprime souvent tout ourlet car celui-ci a toujours tendance à faire rouler vers l'intérieur le bord de la voile. Les renforts devront dans ce cas, être suffisamment étendus en longueur.

Pour le guindant, le problème sera différent suivant le mode de ralinguage.

- *Ralingues en sangle*

La *ralingue en sangle* est employée pour les focs de dériveurs ou les génois légers. Elle est constituée d'une sangle spéciale en Tergal préétiré. Pour les focs destinés à être envergués dans des profilés d'étai, la sangle et sa ralingue sont enduites de Téflon pour améliorer le glissement. Il s'agit parfois dans ce cas de sangle élastique permettant le réglage ultérieur de la position du creux (stretchy luff).

Comme sur les grand-voiles, la sangle est d'abord cousue sur une lisière puis repliée sur le bord de la voile et cousue sur l'autre lisière et le bord du pli *(fig. 3-45)*.

Il est très important de connaître les caractéristiques d'allongement du tissu et de la sangle pour pouvoir marier les deux correctement. La sangle s'allongeant moins que le tissu, pour obtenir un réglage parfait il faudra tendre le guindant jusqu'à ce que le creux se place correctement puis porter des repères au crayon tous les 15 ou 20 cm. La sangle étant tendue avec le même effort, on y portera les mêmes repères. Ceux-ci seront mis en concordance avec ceux du tissu au cours de la couture.

La sangle, une fois cousue, est coupée à l'arrondi à ses extrémités. Un simple œillet cosse en inox ou laiton nickelé sera placé aux

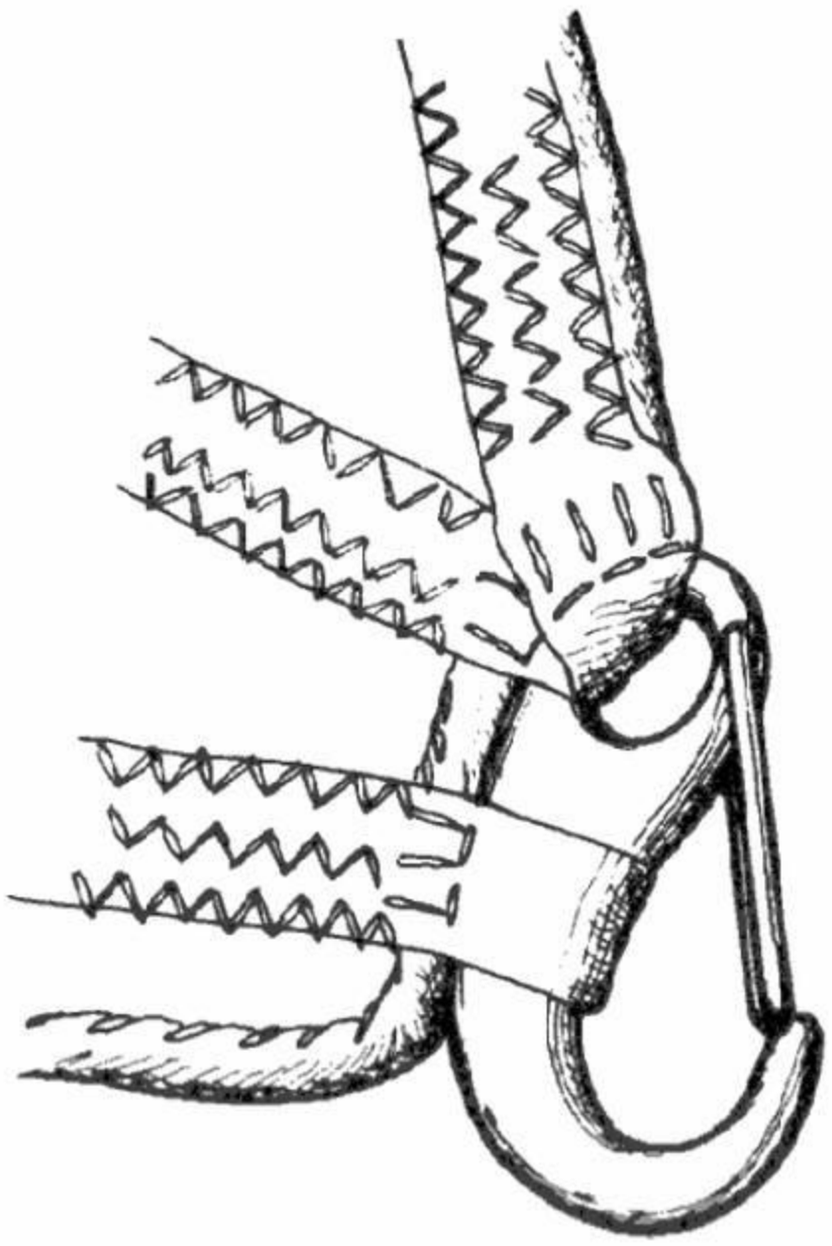


Figure 3-43. — *Point d'amure de foc avec mousqueton* Wichard *encastré.*

extrémités pour les œils de drisse et d'amure. Sur des génois de petits bateaux et des drifters on peut encastrer directement au point d'amure un mousqueton Wichard ou un maillon rapide venant s'accrocher sur une cadène en fil *(fig. 3-43)*.

On dispose ainsi d'une grande liberté pour amurer une seconde voile avec un profilé d'étai à gorge.

L'inconvénient de la ralingue en sangle préétirée est de ne permettre pratiquement aucun réglage ultérieur de la tension, c'est pourquoi, sur les voiles classiques plus importantes, on préfère la ralingue en acier.

- *Ralingues en acier*

La *ralingue en acier* est utilisée dès que la voile atteint une certaine surface. Elle est réalisée en câble plastifié ou en câble inox semi-rigide (voir 2e partie — chapitre I — page 253).

Afin d'avoir un allongement minimum du câble, il est bon de prendre un diamètre assez fort, 3 mm pour les petits dériveurs, 4 mm pour les dériveurs et quillards de compétition (505, F.D.,

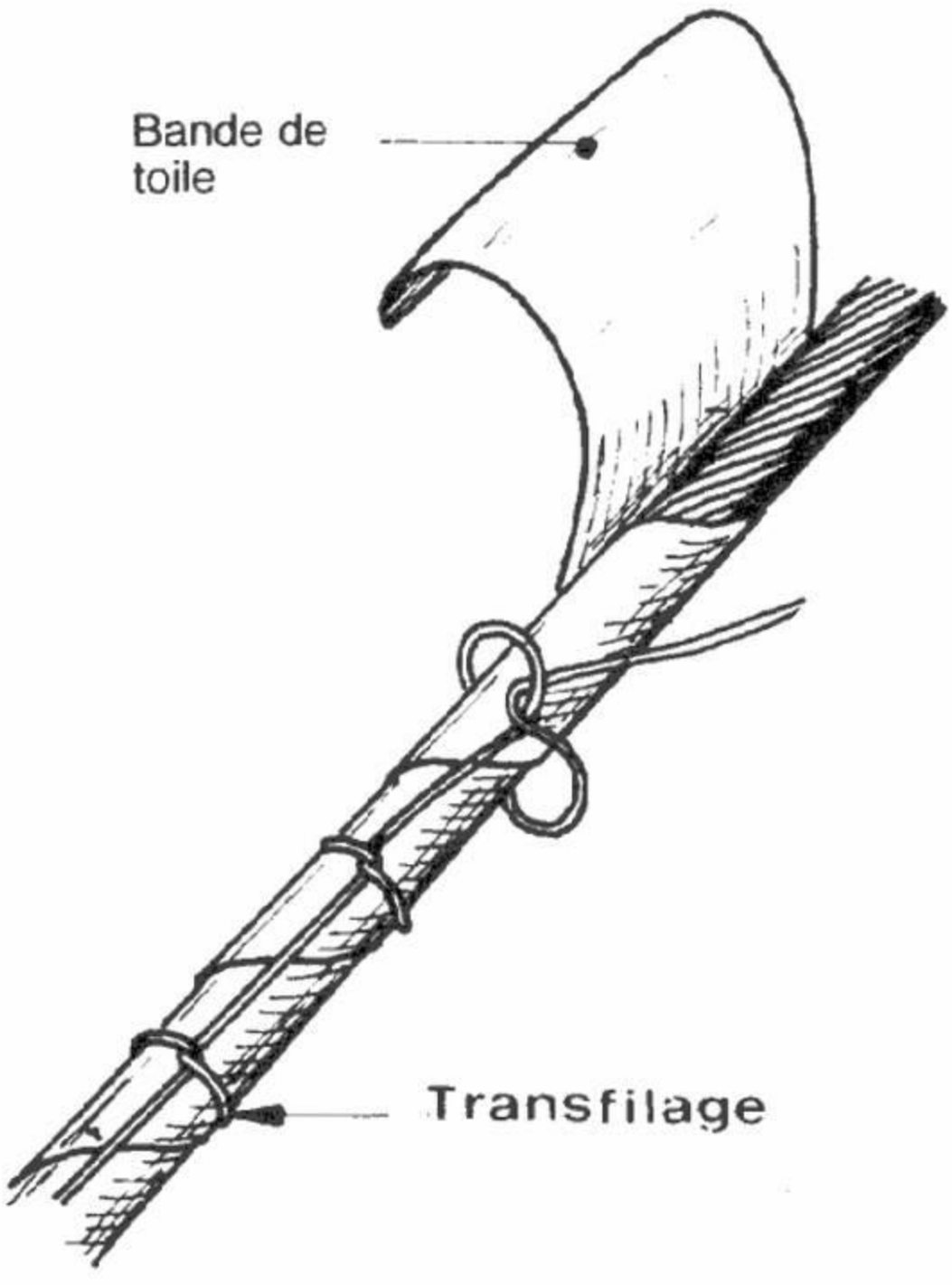


Figure 3-44. — *Préparation d'une ralingue métallique.*

Dragons, 5,50 m), 5 mm pour les croiseurs jusqu'à 3 tonnes, 6 mm jusqu'à 10 tonnes.

Le câble inox devra être « limandé », c'est-à-dire recouvert d'une bande de toile enroulée en spirale et immobilisée par un transfilage (*fig. 3-44*). Aux deux extrémités du câble on fait un œil manchonné sur une cosse de voilier de telle sorte que la longueur entre les cosses soit environ 5 à 10 cm plus grande que celle du guindant de la voile *étiré* à sa longueur normale.

Le câble préparé, on coud sur le guindant une gaine coupée sur le bord de la voile et de largeur telle, que cousue sur la lisière avec un recouvrement de 15 mm environ sur la voile, elle laisse passer la cosse (*fig. 3-45*). Avant de replier la gaine pour la coudre, on y placera une ficelle avec laquelle ensuite on enfilera le câble. Celui-ci en place, on pose à chaque extrémité de la gaine un petit œillet.

On tend alors le câble entre deux points fixes à l'aide d'un palan. On amarre l'œillet côté amure sur la cosse correspondante avec un petit cordonnet de Tergal tressé de 1 000 à 2 000 m/kg suivant la taille. Il faut faire 5 à 10 passes entre l'œillet et la cosse et terminer par une série de tours morts et des demi-clefs. On en fait de même au point de drisse en étirant le guindant pour obtenir le réglage prévu. Par la tension plus ou moins grande de l'amarrage, il est ainsi possible de régler la position du creux de la voile. L'allongement est de l'ordre de 2 à 3 %.

Pour terminer, on « étrangle » la gaine en faisant une couture au ras du câble et un amarrage tous les 60 cm environ.

Mais en général, et surtout lorsqu'on cherche à placer la bordure le plus près possible du pont, on incorpore l'œil d'amure dans la voile (*fig. 3-46*). Pour cela, la gaine est fendue sur la longueur de l'œil, découpée à sa forme intérieure, puis la moitié arrière de l'œil, enveloppée dans le tissu, est fixée par une couture ronde en gros fil à voile qui se termine par le fourrage de la partie avant de l'œil.

Ce fourrage comme celui des points de drisse et d'écoute incorporés sera avantageusement protégé et renforcé par de la basane (peau de mouton tannée). Pour exécuter ce renfort on découpe deux rondelles de forme correspondant à l'œil, le trou ayant environ un centimètre de moins de diamètre et l'extérieur deux centimètres de plus. Après avoir cousu les deux rondelles sur le pourtour du trou on en retourne une à travers l'autre pour cacher la couture. Après avoir mis le tout en place dans l'œil on coud l'extérieur en serrant au maximum contre le bord de l'œil et on coupe le superflu.

La cosse est ensuite emmanchée dans l'œil et sertie au maillet.

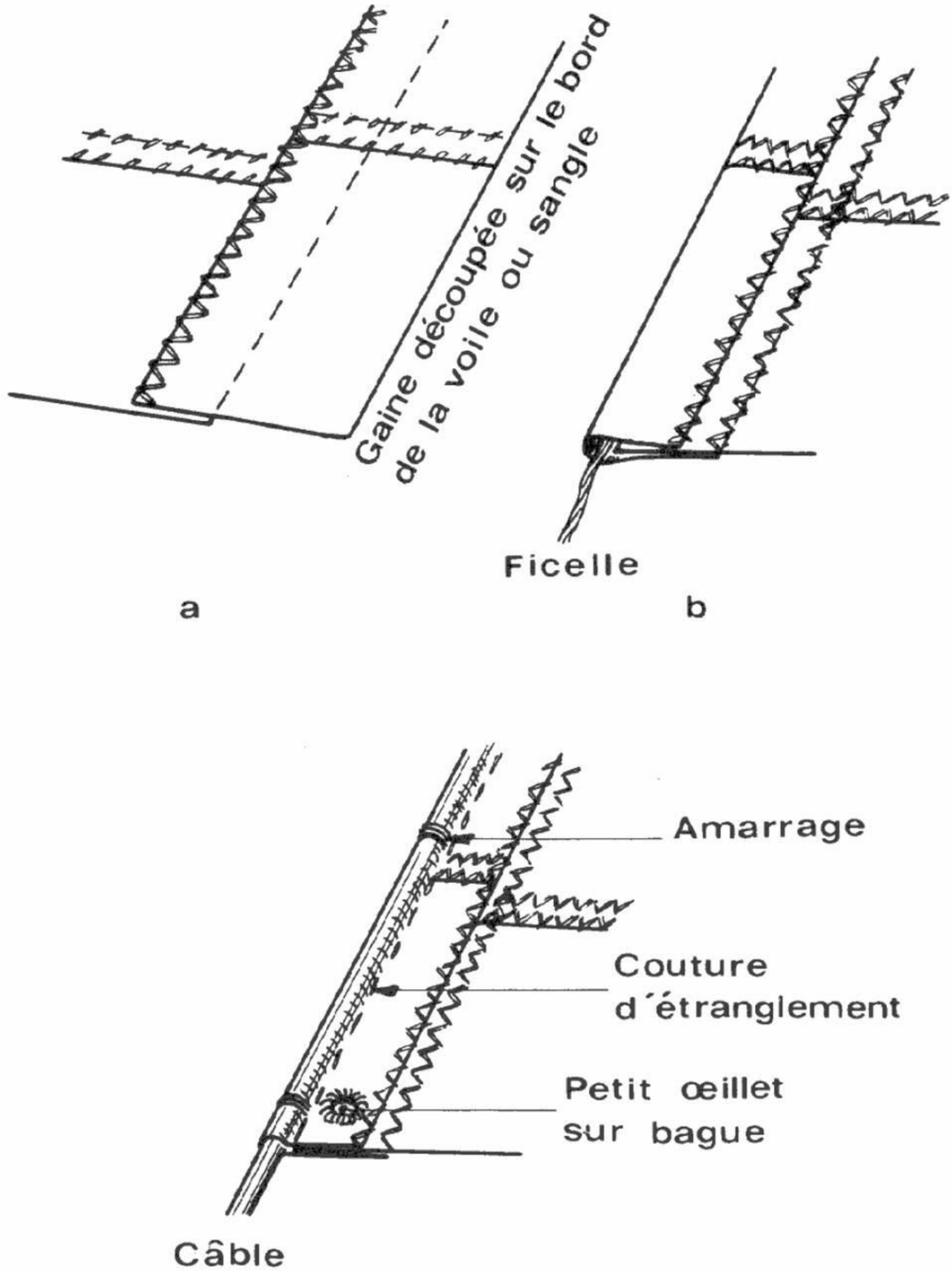


Figure 3-45. — *Montage d'une ralingue de foc.*
a et b) pose de la gaine ;
c) montage de la ralingue.

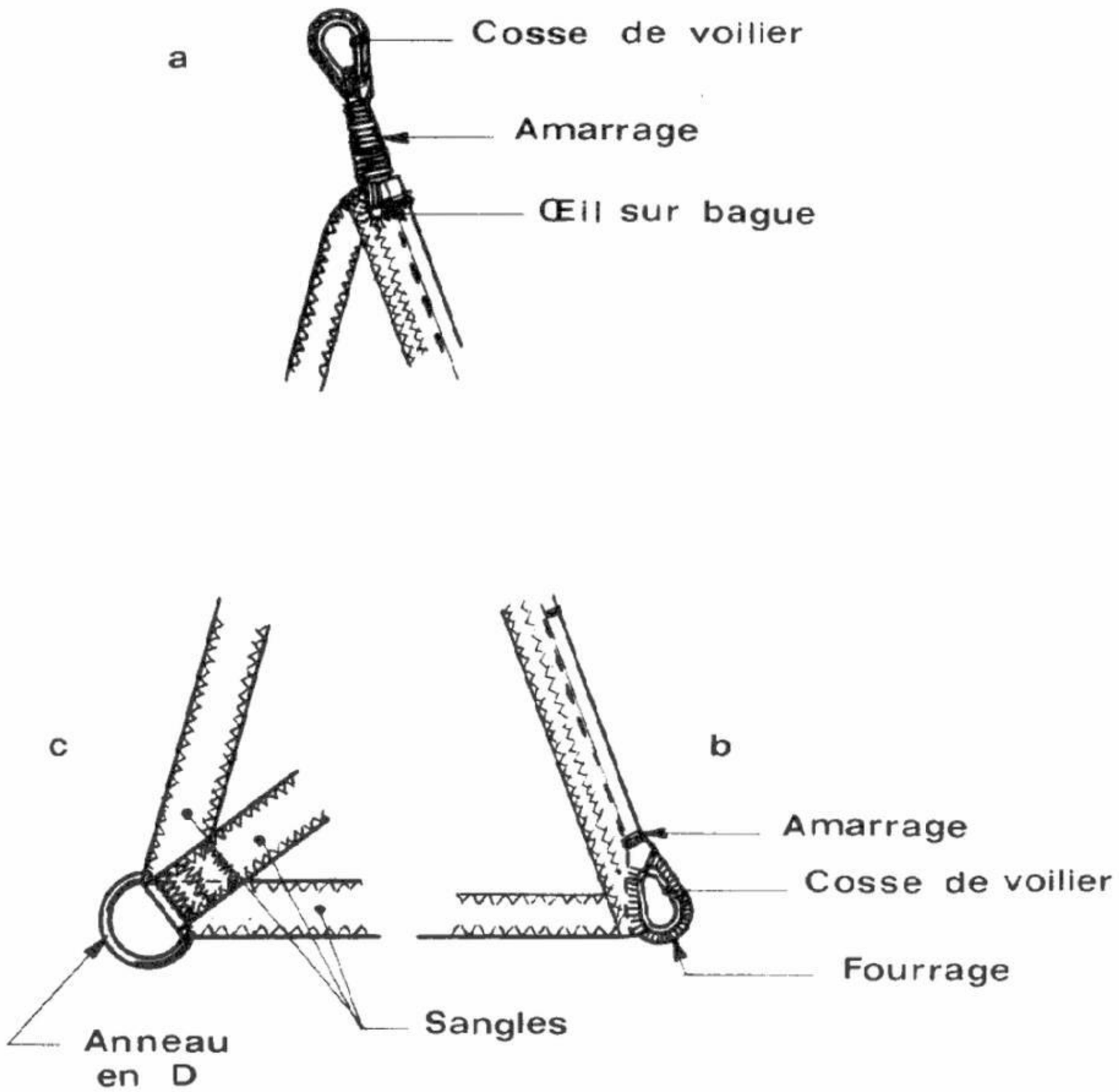


figure 3-46. — *Montage des trois points d'un foc.*
a) point de drisse avec amarrage de la ralingue ;
b) point d'amure avec œil incorporé ;
c) point d'écoute avec anneau en D.

- *Ralingues réglables*

Les ralingues réglables permettent d'opérer le réglage en marche de la position du creux. Il existe deux méthodes.

Le premier système conserve la ralingue métallique dans la gaine mais la voile n'y est fixée qu'au point de drisse par un œil incorporé *(fig. 3-47)*. Il semble avoir été utilisé pour la première fois par Murphy and Nye. Ce système est indispensable sur les drifters et les reachers et permettra parfois de remplacer ces deux voiles par une seule qui, de reacher lorsque le point d'amure est relâché, devient

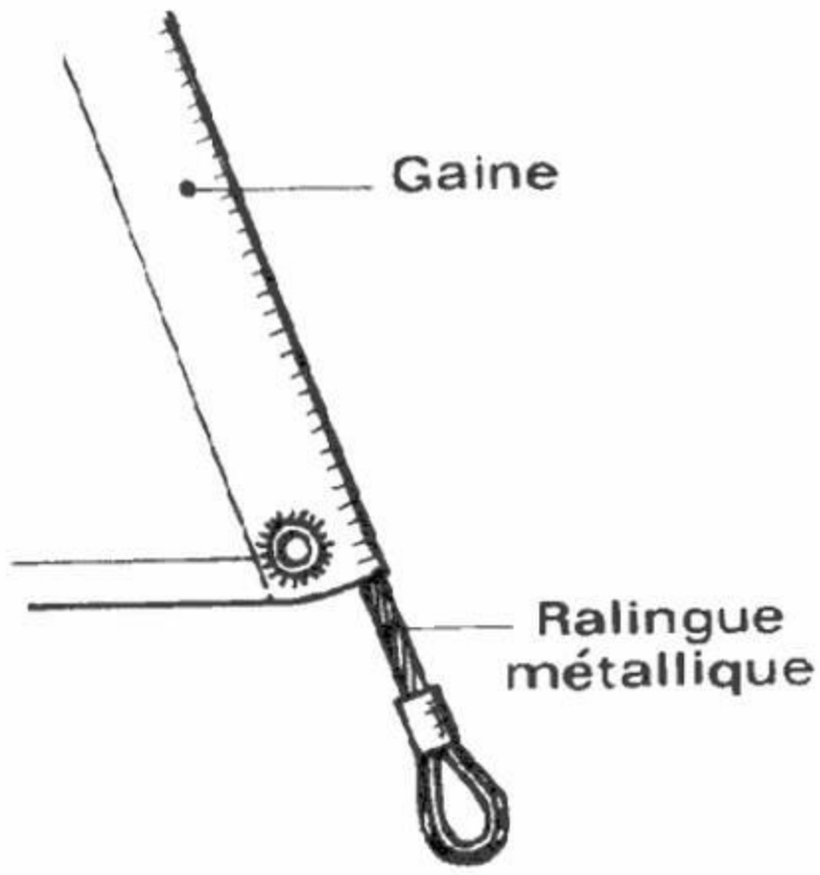


Figure 3-47. — *Ralingue à gaine coulissante.*

drifter lorsqu'il est étarqué. Il est également indispensable sur les trinquettes.

Le point d'amure, constitué d'un œillet sur bague est fixé sur une itague en câble passant sous un réa fixé à l'étrave et étarquée par un palan *(fig. 3-48)*.

Le second système dont sont équipés aujourd'hui la plupart des génois de voiliers de compétition comme les grand-voiles consiste en un point d'amure réglable (appelé aussi *cunningham*). Un œillet de diamètre assez fort pour recevoir un croc est placé à une hauteur

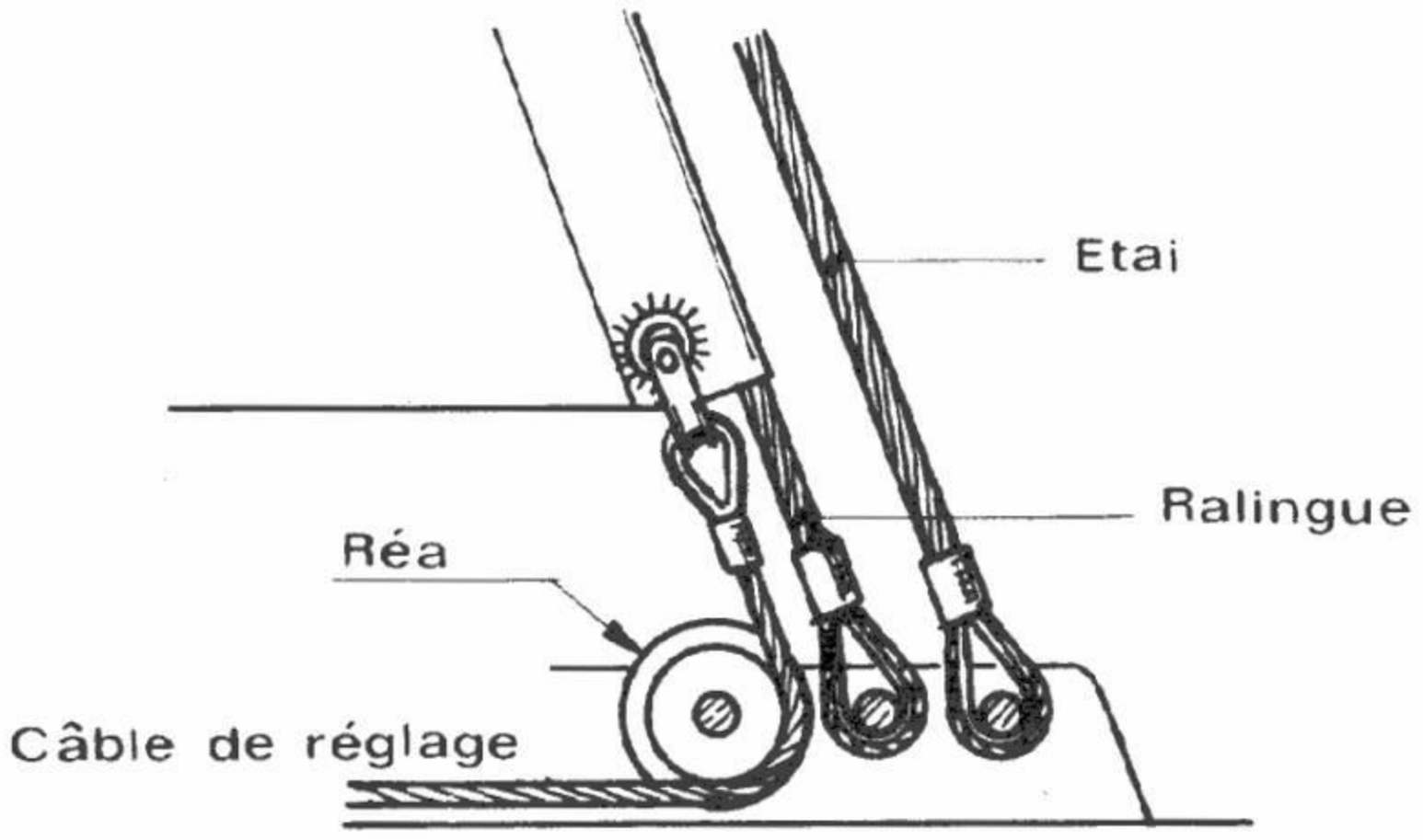


Figure 3-48. — *Disposition et étarquage d'une ralingue réglable.*

égale à 5 % environ du guindant au-dessus du point d'amure normal. Des renforts au moins aussi importants que ceux du véritable point d'amure doivent être prévus. La ralingue doit pouvoir coulisser aisément dans la gaine.

Cependant les meilleurs possibilités sont offertes par les profilés d'étai dans lesquels la ralingue textile peut coulisser librement par traction soit sur le point d'amure soit sur un point d'amure réglable. Dans ce dernier cas il est bon que le profilé s'arrête au-dessus du point d'amure supérieur et que celui-ci soit relié à l'étai par un mousqueton ou une manille. En effet la gorge du profilé d'étai ne résisterait pas au transfert de la traction de la bordure du point d'amure inférieur au point d'amure supérieur (*fig. 3-49*).

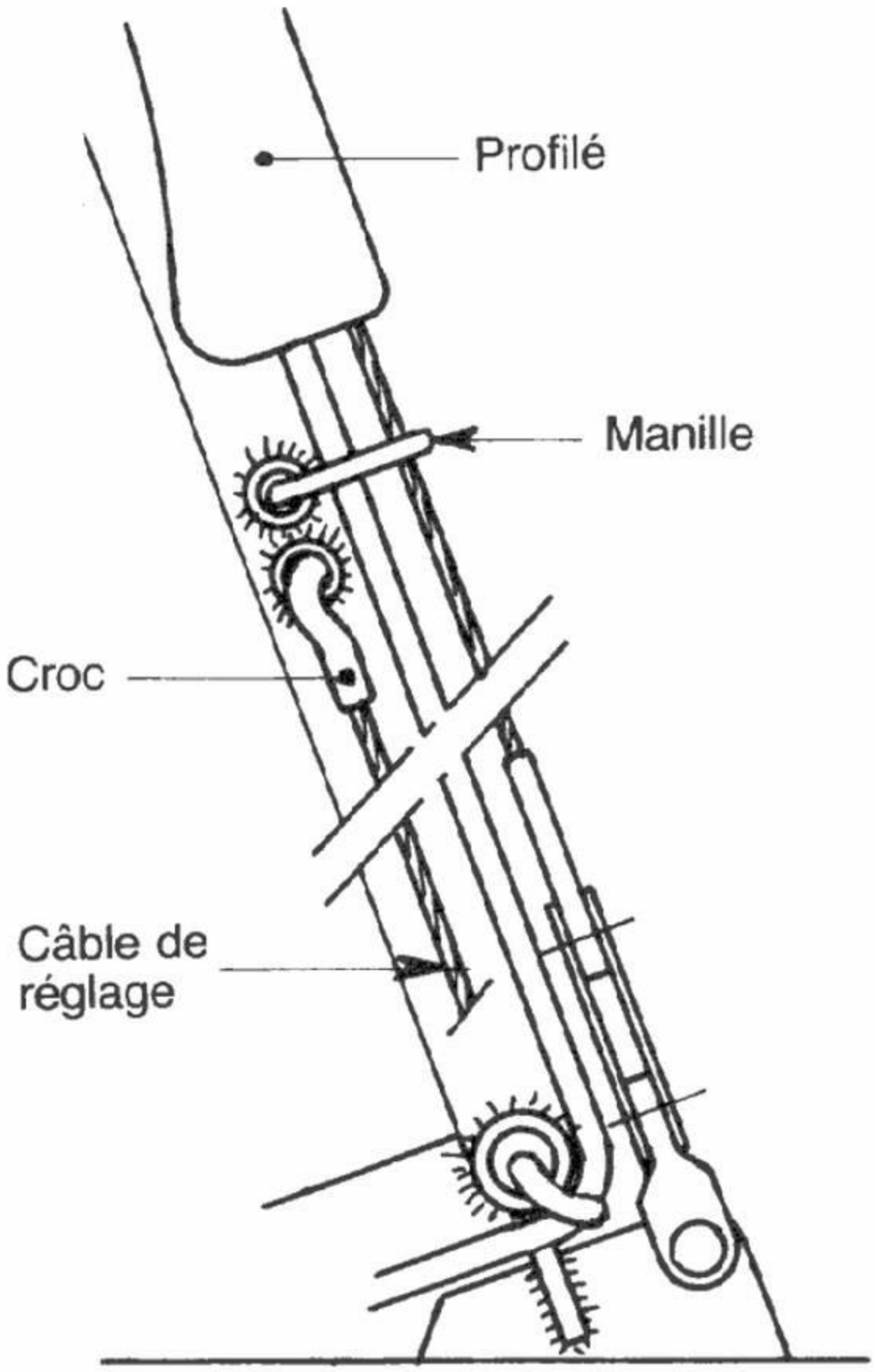


Figure 3-49. — *Avec un profilé d'étai, le point d'amure réglable restera en dessous de la partie inférieure de celui-ci. Une manille ou un mousqueton coulissant sur l'étai supportera la traction de la bordure.*

- *Point d'écoute*

Le *point d'écoute* supporte des efforts très importants et doit être particulièrement renforcé.

Si pour les petites voiles un simple œillet cosse suffit, on en vient vite à la cosse sur bague, puis l'effort sur celle-ci est reporté sur deux ou plusieurs autres petits œillets sur bague. On utilise cependant de plus en plus des anneaux en D ou en triangle fixés sur l'angle de la voile par des renforts en sangle passant de la bordure sur un bord à la chute sur l'autre et inversement. Ces sangles sont cousues par-dessus les renforts eux-mêmes dont les pointes enveloppent la partie droite de l'anneau *(fig. 3-46)*.Sur certains focs de voiliers de compétitions (Fireball, Soling) on prévoit souvent un double point d'écoute afin de permettre une modification importante de l'angle de tire de l'écoute. Les deux œillets sont placés sur une ligne parallèle au guindant à 5 centimètres environ l'un de l'autre. Lorsque cela est autorisé par les règles de la série on peut même monter un renfort rigide analogue à une planche de tête.

Enfin, sur les focs importants ou devant supporter de gros efforts le point d'écoute est généralement réalisé à l'aide d'une patte à cosse posée sur un ralinguage partiel de la longueur des renforts.

- *Fabrication d'une patte à cosse (figure 3-50)*

Dans l'angle de la voile on fait tout d'abord deux œillets côte à côte. Si la voile est très grande ces deux œillets peuvent être repris sur d'autres placés plus en arrière.

La patte elle-même est réalisée à partir d'un toron décommis d'un cordage et d'une longueur égale à 200 fois le diamètre environ.

a) Le toron est enfilé dans l'œillet de gauche le brin du dessous (gris) étant à peu près le double de celui du dessus (blanc).

Tourner les deux torons ensemble, de droite à gauche, de façon qu'ils se croisent au moins trois fois. Enfiler le brin gris dans l'œillet de droite par le dessus et le brin blanc par le dessous.

Le centre de la cosse, posée contre la ralingue, doit tomber à l'aplomb de l'intérieur de la patte.

b) Le toron gris repris sur l'arrière de la voile (il est maintenant représenté hachuré) est recommis avec les deux premiers. Les trois torons doivent prendre leur place suivant la forme naturelle qu'ils ont pris lors de la fabication du cordage.

Le toron hachuré est alors enfilé, par-dessus, dans l'œillet gauche.

c) Après avoir souqué à fond chaque toron on repasse son

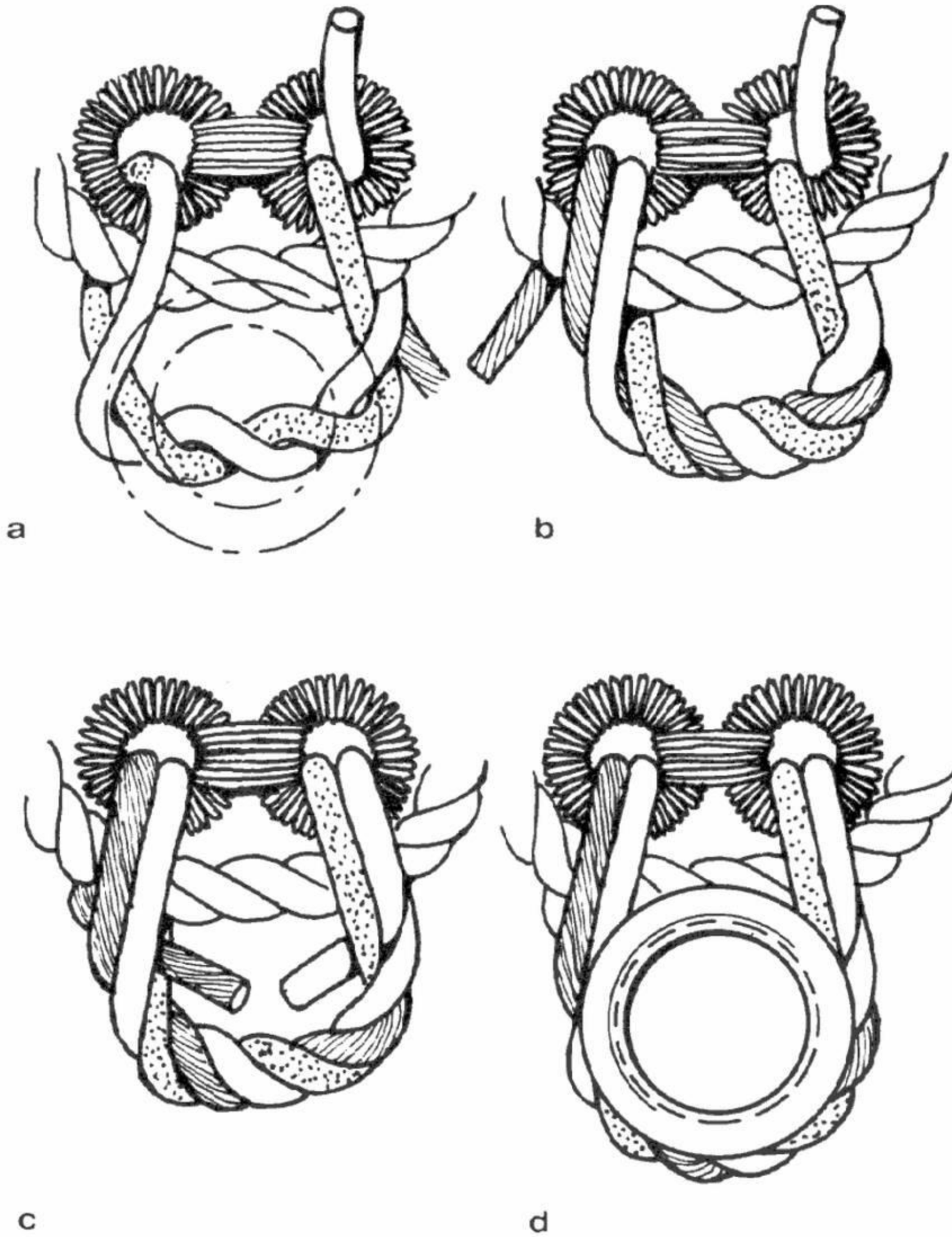


Figure 3-50. — *Fabrication d'une patte à cosse.*

extrémité, de l'extérieur vers l'intérieur, sous le toron gris (celui-ci se trouve au-dessus pour l'œillet de droite, quel que soit le côté suivant lequel on regarde la voile).

On effile l'extrémité de chacun des torons et on la passe deux fois autour du toron gris, dans le sens du commettage.

d) Avec un épissoir conique en bois que l'on enfonce progressivement, élargir la patte jusqu'à ce que la cosse puisse se mettre en place.

Sur les grosses voiles, la patte est entièrement recouverte de basane. Dans ce cas, on utilise généralement une cosse fondue.

Différentes dispositions des laizes

En dehors des deux types de coupes étudiées précédemment il faut citer quelques autres dispositions qui ont été utilisées, mais qui ne semblent plus présenter de grand intérêt avec l'amélioration de la qualité des tissus.

Il s'agit essentiellement de la coupe « soleil » et de celle à panneaux multiples (*fig.3-51*). Dans ces deux cas on cherchait à placer le tissu de façon que les efforts principaux soient situés dans la direction de son plus faible allongement.

Par contre le fait que les tissus présentent toujours de meilleures caractéristiques d'allongement dans le sens de la chaîne a conduit la voilerie North de Nouvelle-Zélande à fabriquer pour le 12 m *Australia*, en vue des épreuves de 1980 de la coupe de l'America, un génois à laizes parallèles à la chute. Constatant par ailleurs que les efforts étaient essentiellement concentrés le long de celle-ci, il a été possible d'adopter des poids de tissu dégradés de la chute vers l'amure. Dans le cas présent les deux laizes de la chute étaient en 9 oz, les deux suivantes en 7 oz et le reste en 5 oz. Le gain de poids total sur la voile était de 12 kg.

Si, de plus, on utilise un composite on arrive à remplacer un tissu classique de 6,5 oz par un assemblage de 5 oz et de 3,5 oz soit un gain de poids total de 30 à 35 %.

Il ne fait pas de doute que cette coupe tente à se généraliser en course et serait même intéressante pour des voiliers de croisière pour lesquels elle permettrait d'obtenir une meilleure tenue de la voile sans augmentation de poids.

Les focs à double points d'écoute ou quadrangulaires sont interdits par la jauge IOR.

FOCS DE GROS TEMPS

Ceux-ci ne comportent aucune particularité, si ce n'est que leur fabrication et surtout leurs empointures doivent être soigneusement renforcées.

Il est bon que le rapport chute/bordure ne soit pas trop élevé

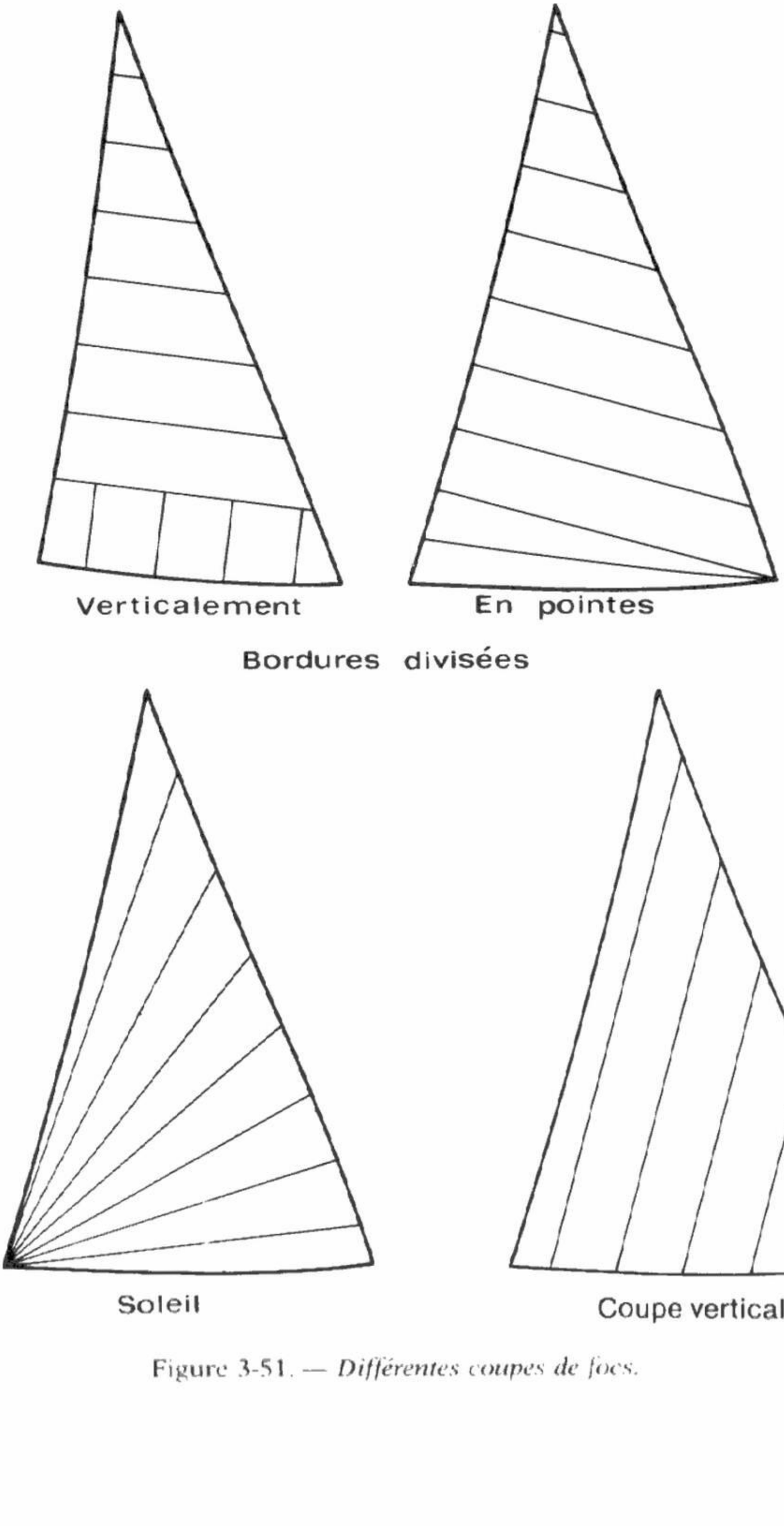


Figure 3-51. — *Différentes coupes de focs.*

(1,5/1 environ) de façon que la tension s'équilibre mieux entre ces deux côtés.

Enfin, ils seront coupés absolument plats, c'est-à-dire avec une échancrure dans le guindant.

SPINNAKERS

Forme et tracé

Le dessin des spinnakers est dicté par deux impératifs : obtenir le maximum de surface dans les limites des dimensions autorisées par la jauge, ainsi que la courbure la plus régulière et la mieux adaptée à l'utilisation. Il est par ailleurs limité par les systèmes de mesures adoptés par les différentes jauges et que l'on peut classer en trois catégories :

— la monotypie, généralement stricte quant aux dimensions et plus ou moins libre pour la coupe ;

— la jauge type IOR imposant la largeur maximum en bas et à une certaine hauteur de la voile et la longueur des chutes, ce qui limite partiellement la forme ;

— la jauge libre n'imposant que la longueur du tangon ou de la base de la voile et des chutes (types 5,50 m J.I.), laissant la liberté totale à la forme.

Pendant longtemps on s'est contenté de faire les spinnakers le plus creux possible cherchant, dans les jauges libres surtout, à se rapprocher de la sphère. Cette forme, en fait, ne pourrait être valable que pour un angle d'incidence de 90° et en absence de toute autre voile. Elle offre le maximum de traînée (ici transformée en propulsion) et c'est tout. En réalité, en raison de la présence de la grand-voile et de bien d'autres éléments tels que l'ascendance thermique et le gradient du vent, il se produit toujours un écoulement de l'air sur le spinnaker. Cet écoulement est éminemment favorable puisqu'il tend à augmenter la force propulsive et on cherchera à le créer, l'entretenir et l'orienter dans la direction la plus favorable, en évitant toute formation de poche d'air.

Le dessin du spinnaker sera donc étudié pour lui permettre de s'établir avec le minimum de vent et la meilleure forme possible, et cela à des allures de plus en plus près du vent. Il en est résulté une spécialisation de plus en plus grande des formes que les voiliers ont

traduite, surtout pour des raisons commerciales, par des dénominations multiples : sphérique, radial, radial-head, triradial, starcuts, flankers, spankers, définissant un type de coupe ou simplement une forme particulière.

Ici encore, les caractéristiques du tissu, pratiquement toujours du Nylon sauf pour de très grands spinnakers de brise qui sont en polyester, revêtent une importance primordiale.

On peut considérer qu'un spinnaker est composé de deux ou trois parties ayant des fonctions distinctes, une partie supérieure soutenant la voile et lui permettant de prendre sa forme, une partie centrale assurant la propulsion. Enfin, lorsque le rapport hauteur/largeur est assez élevé (spinnakers IOR) on peut distinguer une partie inférieure dont la forme est liée à la largeur disponible pour l'établissement de la voile, à savoir essentiellement la longueur du tangon.

L'ensemble de la forme se définit par les sections horizontales qu'elle présente dans ces trois parties et par la section médiane verticale.

Les caractéristiques de ces formes dépendront essentiellement du but recherché.

Au vent arrière, allure où la voile travaillera le plus rarement en écoulement et le plus souvent en décrochement, on recherchera avant tout le maximum de surface projetée et ensuite la section qui présentera le maximum de traînée.

La largeur de la voile, à la base et à mi-hauteur étant généralement définie on sera tenté de rechercher une section aussi plate que possible.

En effet, si l'on compare un disque et une coupelle hémisphérique de même surface, la surface projetée du premier étant plus grande, sa traînée le sera également (*fig. 3-52)*. Il est bien évident qu'il n'est

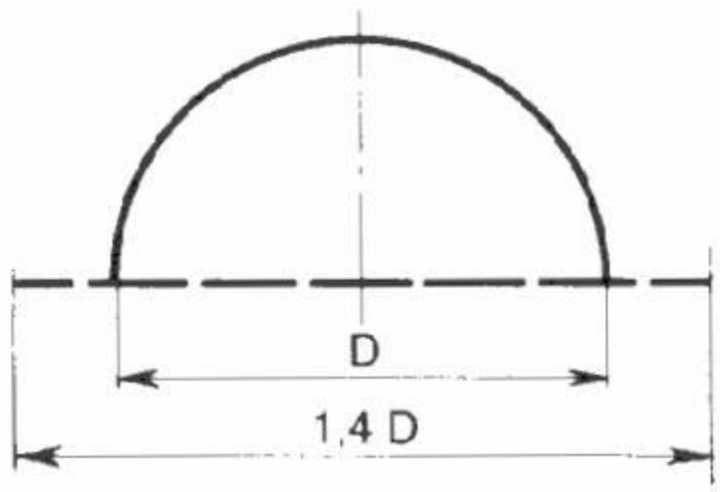


Figure 3-52. — *Le rapport des surfaces projetées d'un disque et d'une demi-sphère étant supérieur à celui de leur coefficient de traînée en décrochement (1, 17/1, 42), le premier aura donc une traînée supérieure.*

pas possible de faire un spinnaker plat comme une tôle d'autant qu'une telle surface serait absolument instable et oscillerait continuellement, provoquant un important roulis pendulaire. On cherchera donc à donner aux sections du spinnaker une forme établissant un compromis optimum entre la surface projetée, la traînée aérodynamique et la stabilité.

Il semble que cette forme corresponde à un arc d'ellipse parallèle au grand axe ayant un rapport corde/flèche compris entre 3,5/1 et 4,5/1. Elle offre moins de surface projetée qu'une section en arc de cercle ou en parabole (*fig. 3-53*) mais elle possède un coefficient de

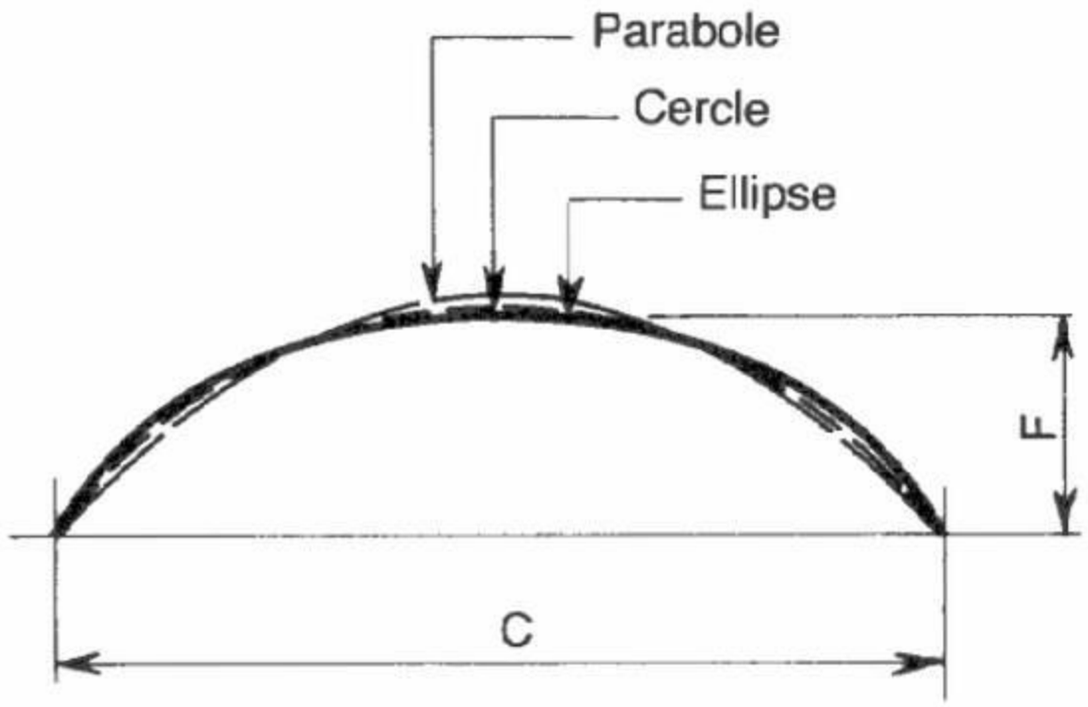


Figure 3-53. — *Des trois sections ayant même longueur développée et même corde, parabole, arc de cercle, arc d'ellipse, c'est cette dernière qui est la plus favorable au vent arrière car elle a le plus faible rapport flèche/corde.*

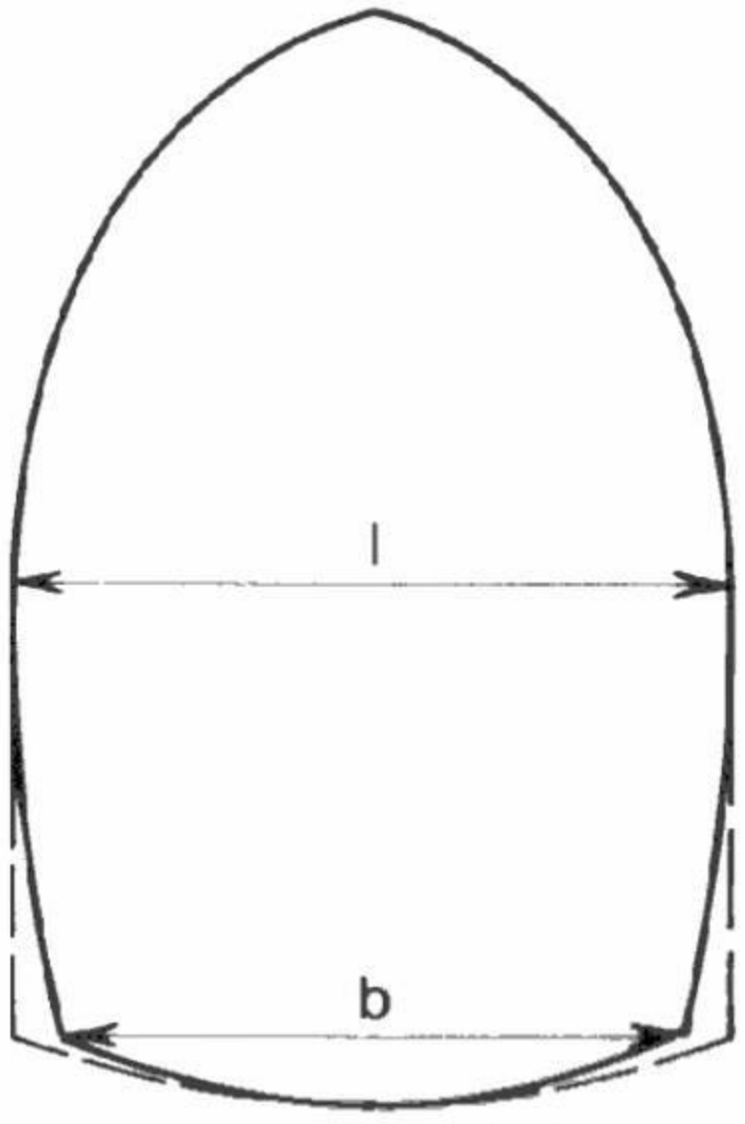


Figure 3-54. — *Lorsque la longueur limite du tangon est trop faible, il peut être bon de réduire la bordure de façon à amener la partie centrale de la voile au vent.*

traînée supérieur compensant cette perte, ainsi qu'une meilleure stabilité.

Dans la partie inférieure, lorsque la longueur du tangon est limitée, on sera souvent amené à donner à la bordure une longueur inférieure à la largeur maximum du spinnaker (*fig. 3-54*). Ceci a pour avantage de déborder d'autant au vent l'ensemble de la voile qui se trouve ainsi moins déventée par la grand-voile. Le même résultat peut être obtenu en donnant aux sections de la partie inférieure une flèche plus importante ; bien que ce soit au détriment de la stabilité cela peut permettre de mieux échapper l'étai.

Bien que grand-voile et spinnaker travaillent en décrochement sur la quasi totalité de leur surface, la largeur de ce dernier ne doit pas empêcher un possible écoulement et elle doit rester limitée. Ce problème ne se présente généralement pas avec les voiliers de jauge IOR mais on voit que sur les 12 m J.I. où la largeur maximum autorisée est beaucoup plus grande il est néfaste de dépasser les 8/10 de celle-ci.

La forme de la partie supérieure est dictée beaucoup plus par le profil que l'on désire donner à la voile.

Au vent arrière en effet, où le vent apparent est le plus faible il est très important d'obtenir le maximum de sustentation. Le profil devra donc présenter une courbe très accentuée dans la partie supérieure. La flèche par rapport à la tangente aux chutes sera supérieure au 1/6 de celle-ci (*fig. 3-55 a*).

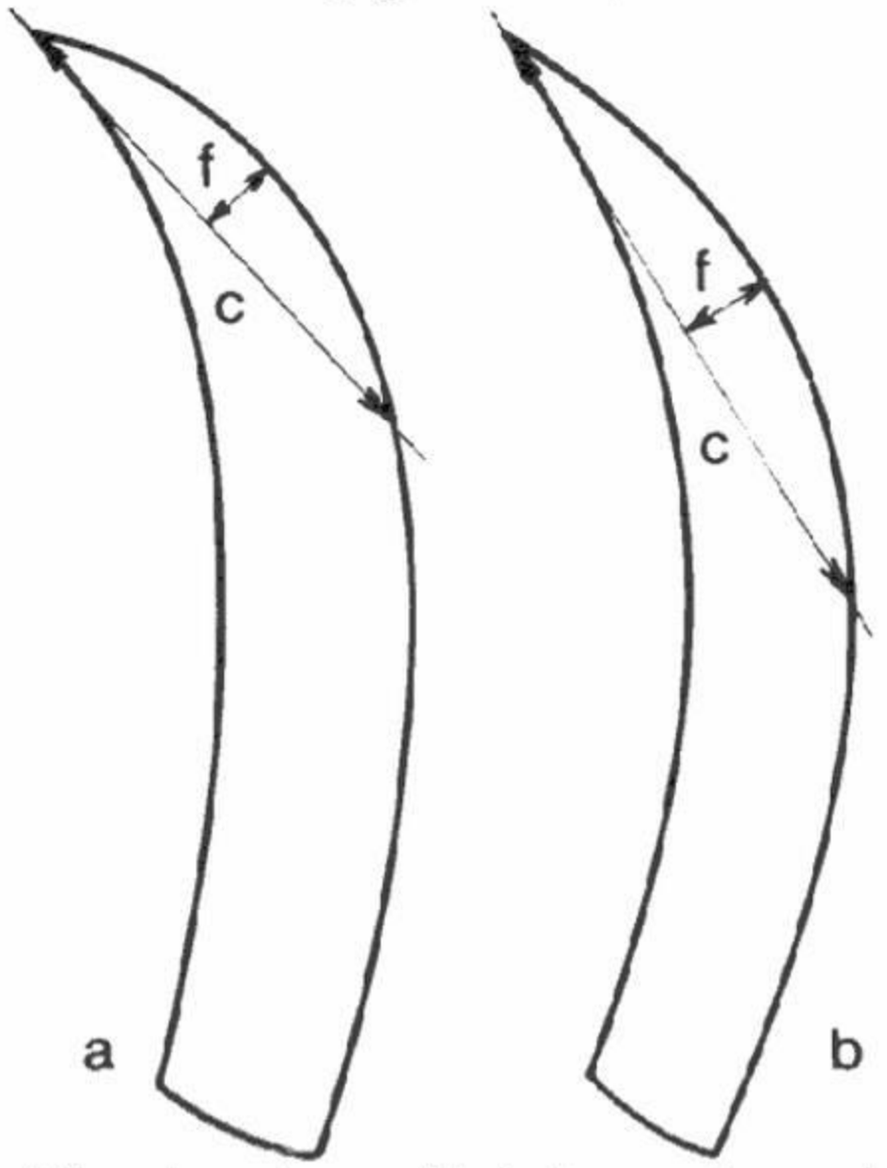


Figure 3-55. — *Modification du profil de la partie supérieure du spinnaker de vent arrière (a, f/c > 1/6) et de largue (b, f/c < 1/6).*

Au largue, le problème devient très différent.

Toutes les voiles travaillent en effet en écoulement et c'est la qualité de celui-ci qui prime tout (*fig. 3-56*). Par ailleurs il n'y a plus de problème de longueur de tangon puisque l'on dispose maintenant de toute la longueur du pont pour l'écoute.

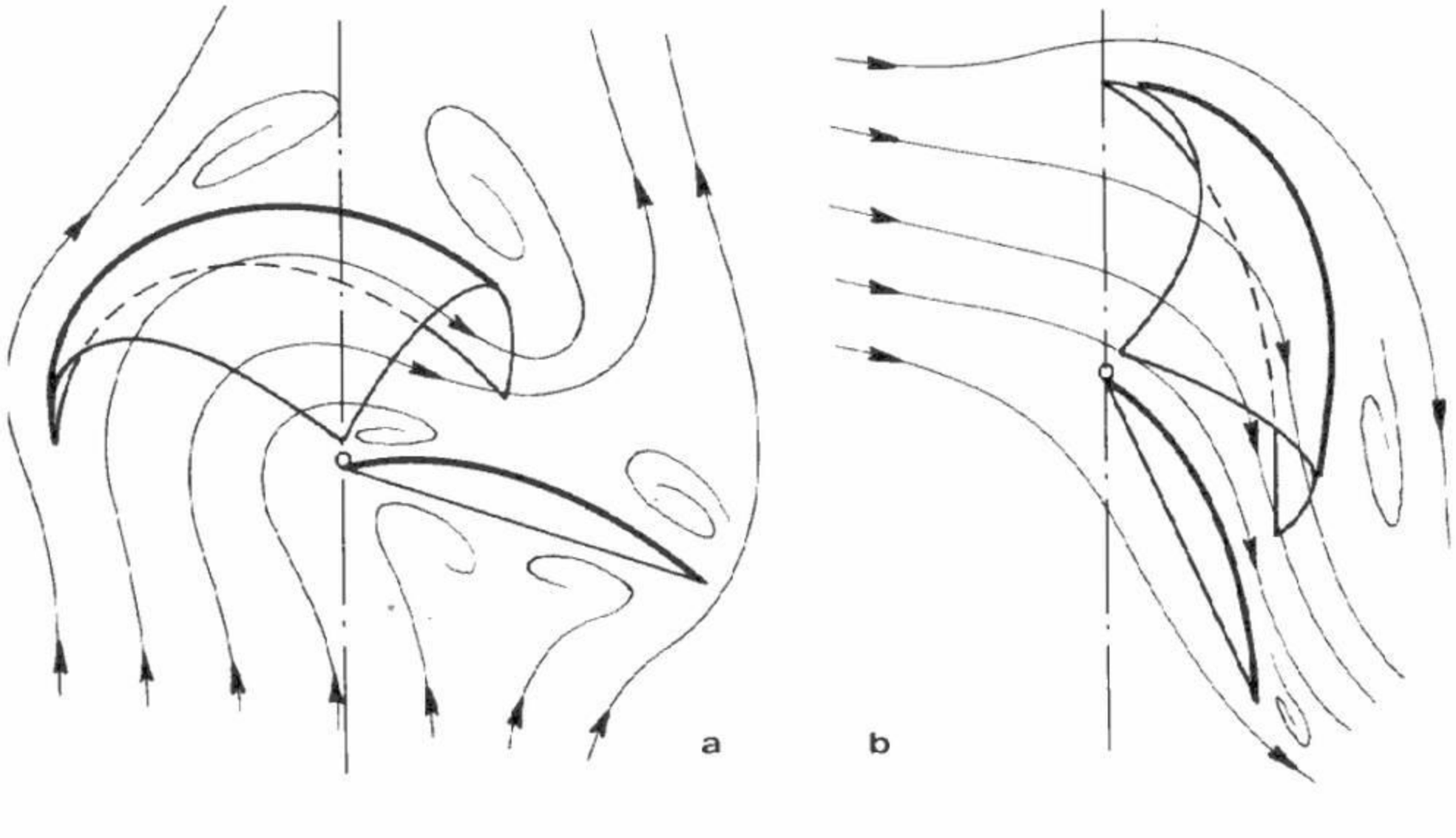


Figure 3-56. — *Ecoulement de l'air entre spinnakers et grand-voile :*
a) au vent arrière ;
b) au largue.

La partie inférieure aura donc la largeur maximum autorisée. La courbure des sections ira de 5/1 à 7/1 au fur et à mesure que l'on se rapprochera du vent et l'on essaiera de maintenir cette forme sur la plus grande hauteur possible.

La partie supérieure n'a plus à assurer la sustentation de la voile. Le profil prendra donc une courbure plus régulière avec une flèche en tête inférieure à 1/6 (*fig. 3-55 b*).

Par la tension exercée sur le guindant il est possible de donner aux sections transversales de la voilure une forme dissymétrique (*fig. 3-57*) ; mais pour ceci il est nécessaire que la partie supérieure ne soit pas trop large faute de quoi la partie supérieure du guindant, trop creuse, se déventerait continuellement et il serait difficile de maintenir la voile à un réglage correct. C'est ici que la coupe deviendra différente du spinnaker de vent arrière car il n'est

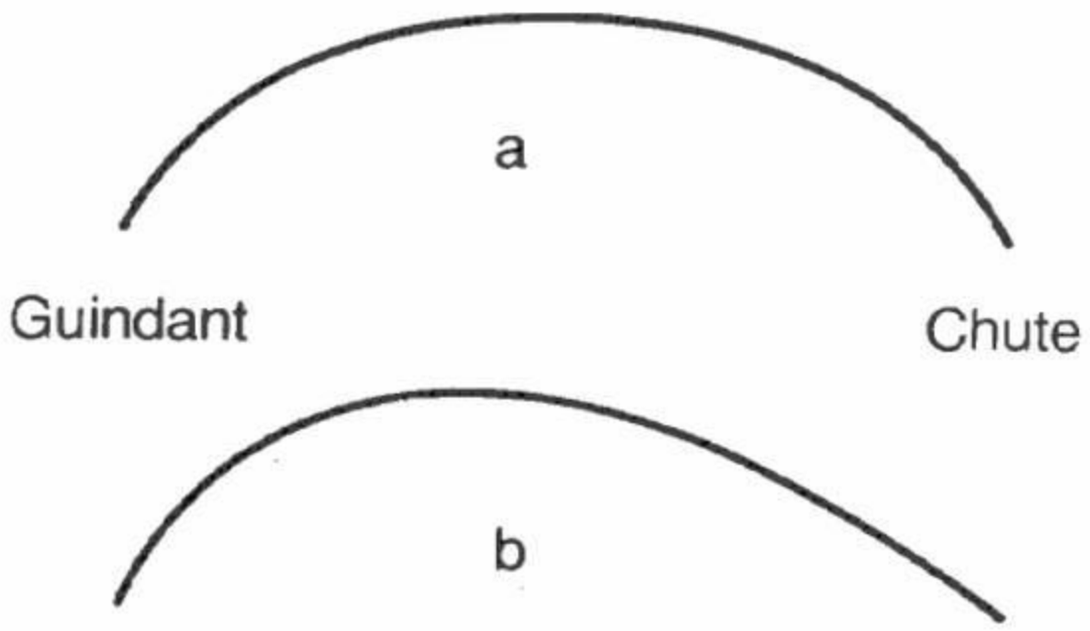


Figure 3-57. — *Modification des sections par l'étarquage du guindant entre le vent arrière (a) et le largue (b).*

plus question de section elliptique qui donnerait une chute refermée, renvoyant l'air dans la grand-voile.

Mais encore une fois c'est la forme que prend la voile sous l'effort et les caractéristiques de l'écoulement de l'air qui en découle qui sont importantes. Elles dépendent uniquement de la relation entre les déformations du tissu et l'orientation de celui-ci par rapport à la direction des efforts.

Pour comprendre les raisons de l'évolution du dessin des spinnakers, il faut avoir une idée de la direction des efforts dans la voile.

A la base, on peut considérer que ceux-ci sont rayonnants autour de trois axes issus des trois points de la voile (*fig. 3-58*) et on constate immédiatement qu'à moins de recourir à des coupes très complexes comme le Starcut mis au point par Bruce Bank en 1962, (*fig 3-60 c*), certaines parties des laizes devront être de biais par rapport à la direction des efforts. Un des premiers buts sera donc de placer ces parties biaises dans les endroits de la voile où l'allongement du tissu aura le moins d'importance.

Dans le cas de la jauge type IOR, la partie inférieure de la voile étant sensiblement cylindrique, l'uniformité des efforts n'est plus respectée dans la partie basse.

La coupe en chevrons d'Herbulot (*fig 3-59 a*), avec un angle au sommet pour la voile pliée de 85° et des laizes à 25° environ, place une couture pratiquement suivant les trois axes d'efforts. Cependant, le biais est très important sur la chute et dans l'axe de la partie basse. Le tissu s'y allonge et les chutes limitées par les nerfs roulent vers l'intérieur.

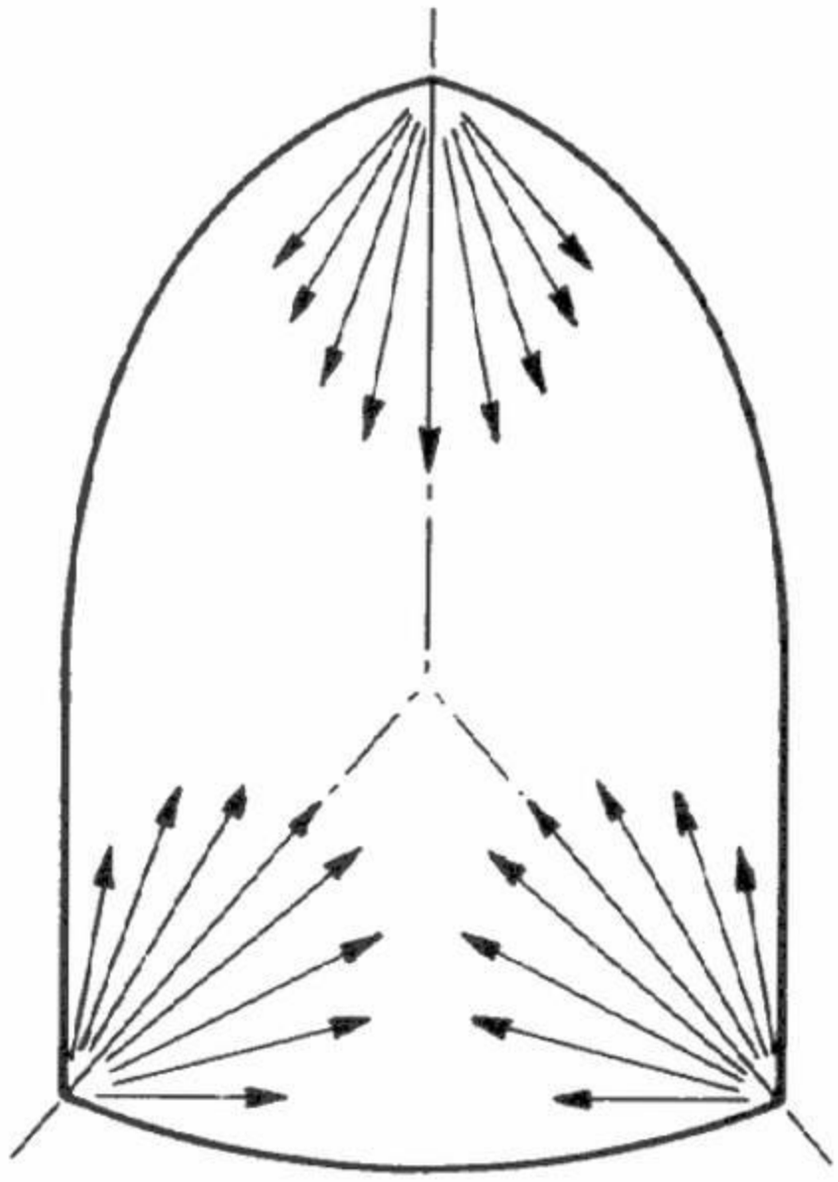


Figure 3-58. — *Répartition approximative des efforts dans un spinnaker.*

La coupe (b) parfois appelée sphérique, dans laquelle les laizes sont perpendiculaires à la couture médiane qui peut alors être supprimée, remédie à ces défauts.

Ce principe de coupe, relativement économique et assez bien maîtrisé par les voiliers, reste utilisé pour les spinnakers de dériveurs et de petits croiseurs. L'ouverture des épaules provoquée par les efforts dans le biais de la partie haute n'est pas trop préjudiciable puisqu'elle a tendance à aplatir la voile dans cette partie, mais les ralingues doivent tenir compte de cet allongement possible.

La coupe (c), dans laquelle les laizes sont perpendiculaires à la chute fut inventée par Hood en 1952.

Des pinces dans les laizes supérieures, près de la couture médiane, permettent de compenser l'allongement du tissu qui se trouve en ces points très en biais par rapport à l'axe de l'effort. On obtient encore un meilleur rendement avec des pointes incorporées à la base des chevrons (d), la couture médiane étant supprimée sur les laizes inférieures.

Pour tous ces spinnakers de largeur limitée, le demi-angle au sommet ne doit guère dépasser 75° et la partie cylindrique 55 à 60 % de la hauteur pour que l'angle des laizes supérieures par rapport à la couture médiane ne soit pas trop élevé.

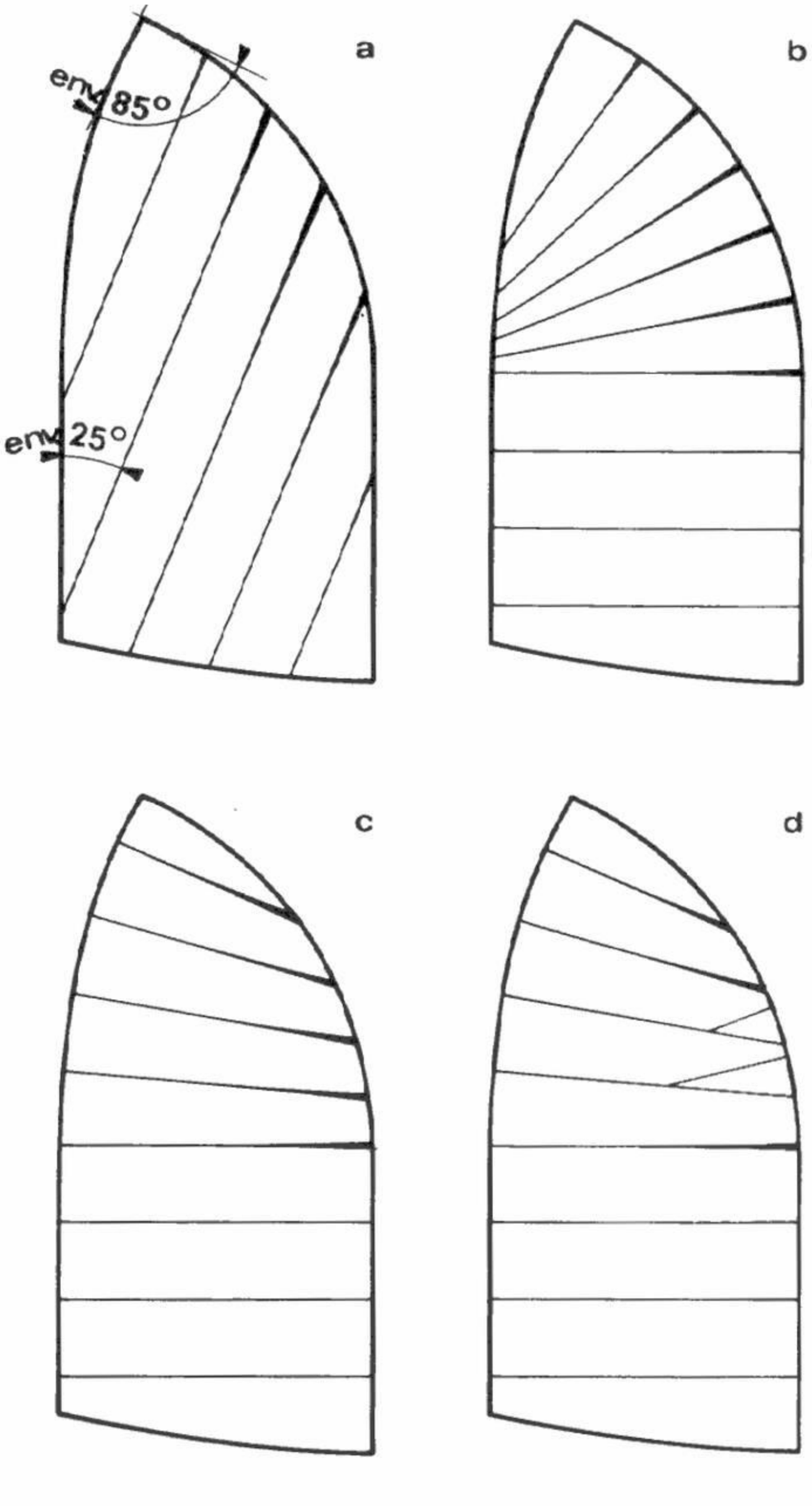


Figure 3-59. — *Différentes coupes de spinnakers :*
(les voiles sont représentées pliées suivant la couture médiane)
a) à chevrons ;
b) laizes perpendiculaires à la couture médiane ;
c) laizes perpendiculaires aux chutes ;
d) laizes perpendiculaires aux chutes avec pointes rapportées

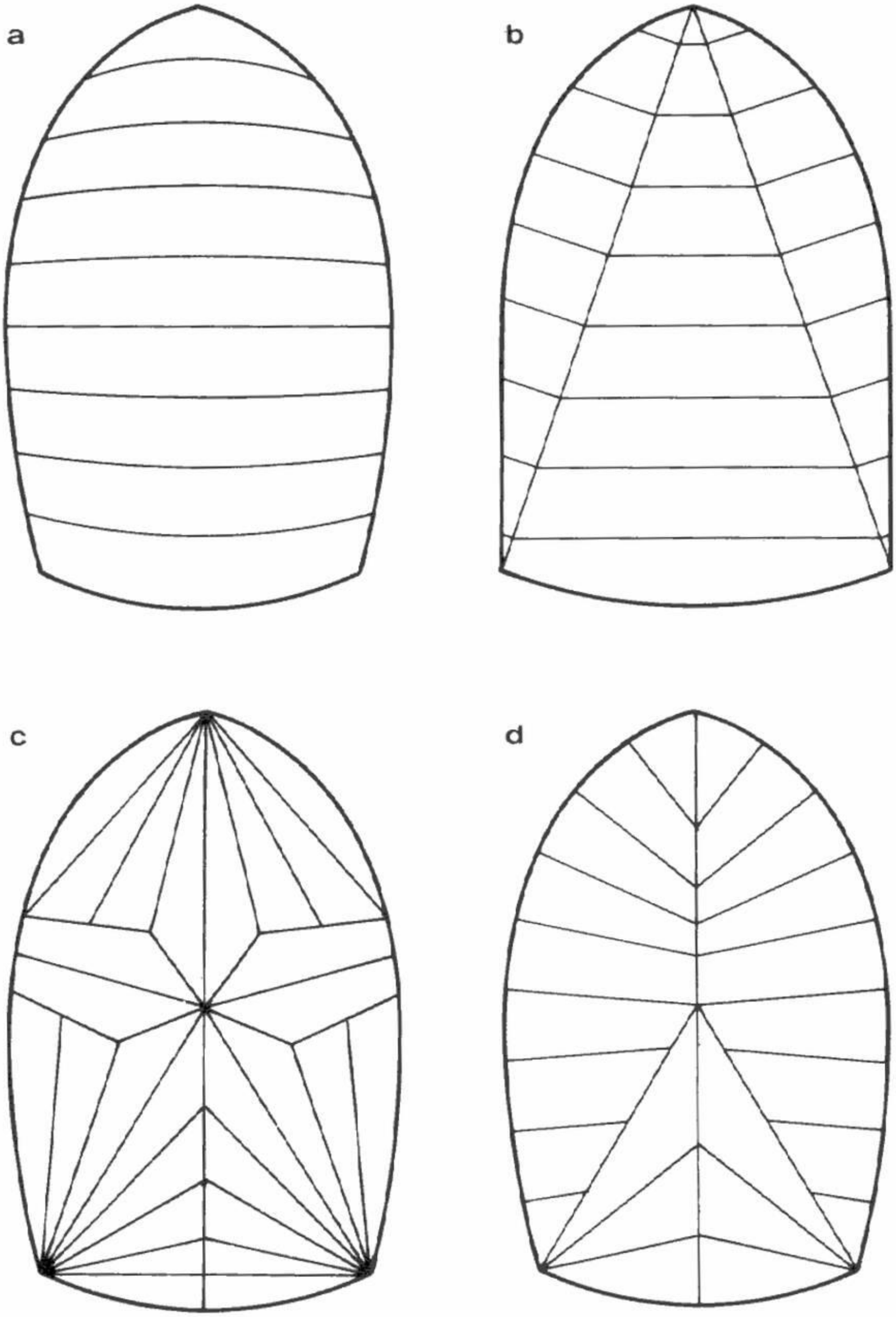


Figure 3-60. — *Différentes coupes de spinnakers :*
a) sphérique (Hard) ;
b) triangulaire (Ulmer) ;
c) en étoile (B. Bank) ;
d) mixte (Reckmann).

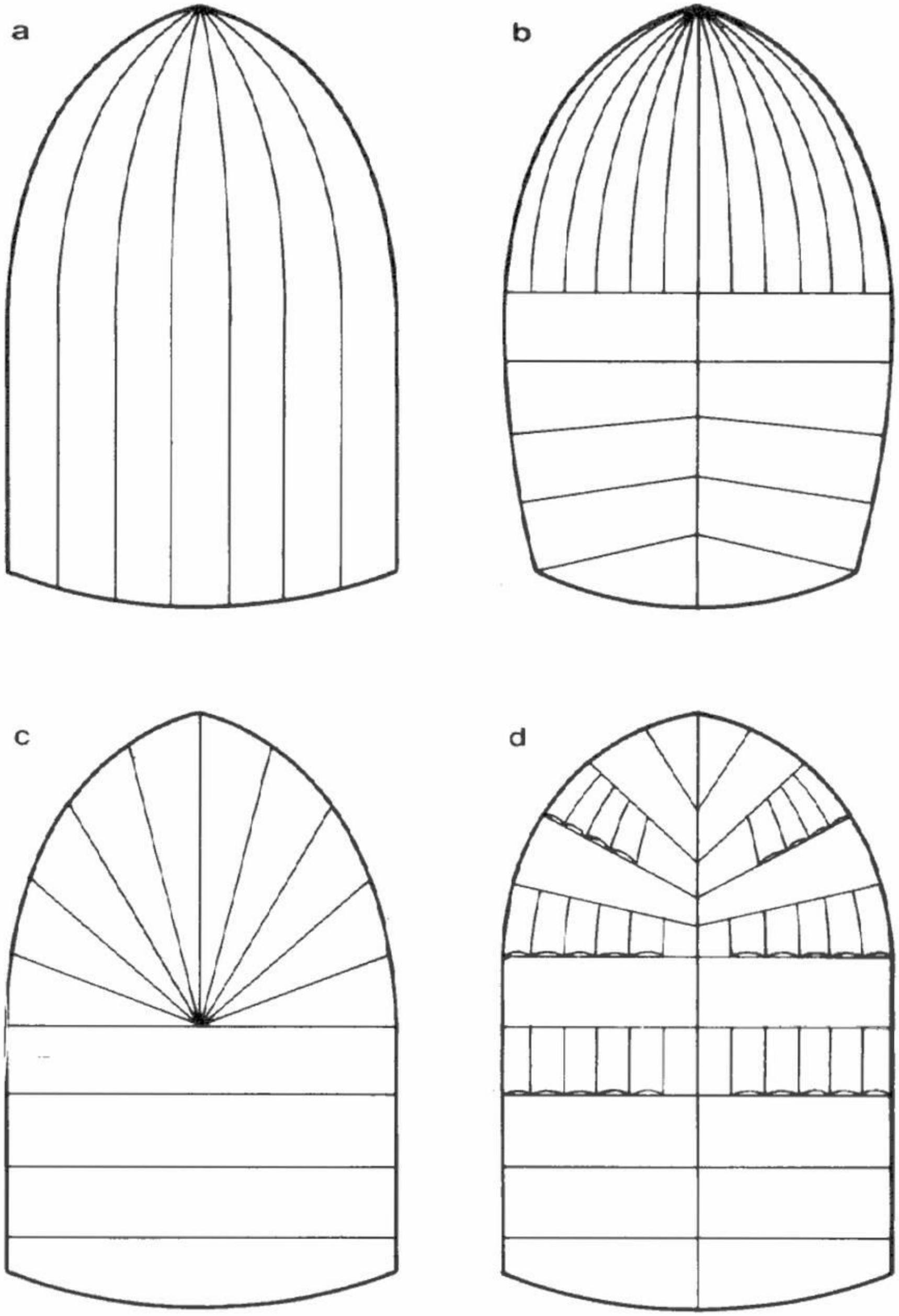


Figure 3-61. — *Différentes coupes de spinnakers :*
a) radiale verticale (Sutter) ;
b) *Radial Head* (Hard) ;
c) sommet rayonnant (Christ) ;
d) à tuyères.

Si nous abordons maintenant les formes libres, nous trouvons au départ la coupe sphérique de Hard, mise au point en 1956 (*fig. 3-60 a*). Chaque panneau, découpé en forme, constitue une sorte de côte de melon transversale qui, vue de profil, est perpendiculaire à l'axe de la voile. Malheureusement, comme pour le spinnaker à chevrons, les laizes arrivent en biais sur la chute avec le défaut que cela implique.

Une des premières solutions pour remédier à ce défaut fut, vers 1962, le spinnaker triangulaire (b) que, je crois, on peut attribuer à Ulmer. La forme sphérique est conservée dans la partie centrale constituée par le triangle joignant les trois points de la voile, alors que les ailes et éventuellement la jupe sont constituées de laizes perpendiculaires aux chutes. Dans la partie basse de l'axe de la voile, les efforts sont encore de biais, ce qui fait apparaître des plis au niveau des coutures et nécessite, pour corriger ce défaut, de forcer celles-ci.

Vers la même époque, au championnat du monde de 5,50 m on voit apparaître les premiers spinnakers en étoile de Bruce Bank (c). On est alors, dans cette série, à la recherche de la surface maximum et l'on y voit entre autres, sur le bateau russe *Druzhba*, un spinnaker dont la forme dépasse la demi-sphère.

Etudiée primitivement uniquement pour le vent arrière la coupe Starcut a été depuis appliquée à tous les types de spinnakers jusqu'au spanker. Mais la découpe extrêmement délicate est particulièrement onéreuse. En Allemagne, vers 1963, Reckmann met au point un compromis utilisant des laizes en étoile jusqu'à 50 % environ de la hauteur de la couture médiane, les deux autres triangles constituant la voile, étant formés de laizes perpendiculaires aux chutes (d).

Vers 1966 apparaît le *Radial Head* de Hard (*fig. 3-61 b*), développement de la forme radiale verticale de P. Sutter (1964) (a) qui paraît donner la meilleure adaptation aux efforts. La partie supérieure de la voile est constituée de panneaux triangulaires rayonnants du point de drisse tandis que la partie basse comporte des laizes en forme perpendiculaires aux chutes. Depuis il a combiné la coupe radiale pour la partie supérieure avec le Starcut pour la partie basse, obtenant ainsi le *Delta radial* (*fig. 3-62 a*).

Suivant un principe analogue, Christ, en France, utilise pour la partie haute des panneaux triangulaires partant du centre de la voile pour se terminer perpendiculairement à la chute, la partie basse étant composée de laizes parallèles découpées en formes (c).
Il faut enfin citer les spinnakers à tuyères (d). Des fentes sont ménagées le long des coutures de façon qu'une partie de l'air puisse

s'y écouler. On obtient une augmentation de la portance et une plus grande régularité de l'écoulement. A l'expérience, il s'avère que les tuyères sont surtout intéressantes dans la partie supérieure du spinnaker qui par vent faible se déploie plus facilement et possède une meilleure stabilité. Mais il ne semble pas que l'on ait obtenu une augmentation réellement valable de la force propulsive.

Par ailleurs, les spinnakers à tuyères sont plus chers du fait de la complication de fabrication, plus fragiles et par conséquent plus délicats à manœuvrer.

Aujourd'hui la quasi totalité des voiliers ont adopté pour les spinnakers non spécialisés et pouvant donc être utilisés du vent arrière jusqu'à 60° environ du vent apparent une coupe dite Triradial dérivée du Delta radial et comportant une partie centrale constituée de laizes transversales (*fig. 3-62 b*) qui concilie la meilleure stabilité de forme avec la possibilité de travailler correctement la partie centrale.

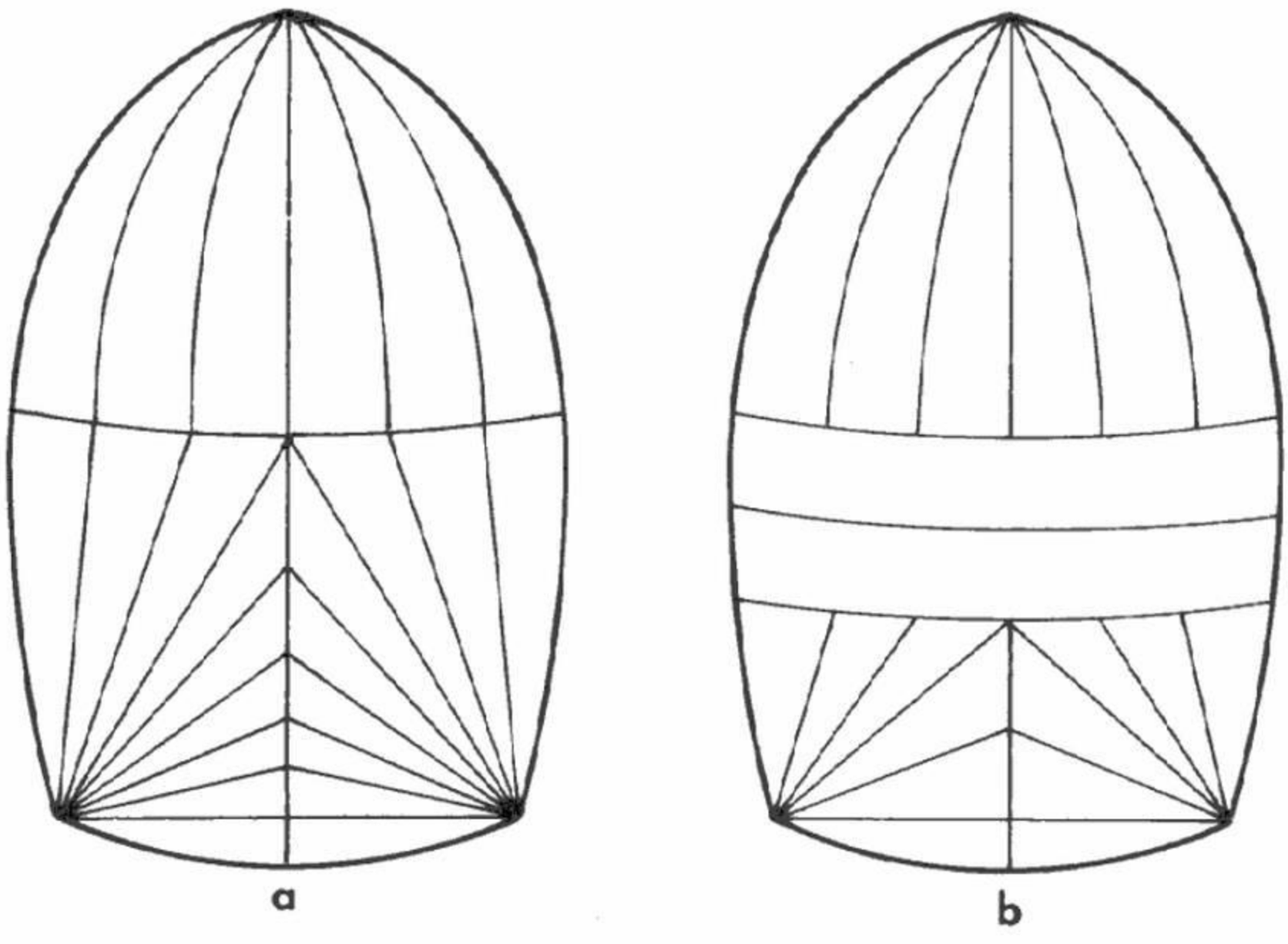


Figure 3-62. — *Différentes coupes de spinnakers :*
a) Delta radial (Hard)
b) Triradial

Nous avons cité plus haut, le phénomène des ascendances thermiques. Il s'agit d'un courant ascendant provoqué par une élévation locale de la température. On sait également que les

surfaces sombres, absorbant les rayons solaires, provoquent cette augmentation de température ; il fait bien plus chaud au soleil sous un parapluie noir que sous une ombrelle blanche ! On peut mettre à profit ce phénomène en faisant la partie supérieure du spinnaker de couleur sombre.

Il faut également penser que l'on doit surveiller constamment la voile pour qu'elle porte correctement ; il faudra donc choisir une couleur qui ne fatigue pas l'œil, bleu ou vert pâle, et éviter surtout les rayures et les bariolages.

Il ne faut pas oublier non plus que des laizes de couleurs différentes, prises dans des pièces de tissus dont les caractéristiques ne sont pas forcément identiques, pourront conduire à une mauvaise forme de la voile.

- Tracé d'un spinnaker triradial

Cette coupe étant adoptée maintenant de façon quasi générale, il m'a semblé bon d'en développer les éléments principaux afin de pouvoir en apprécier mieux les variations de formes en fonction de son usage et même, pourquoi pas ? en envisager la fabrication soi-même.

Le spinnaker étant une voile symétrique, son tracé s'effectue en considérant qu'il est replié selon son axe médian, les deux chutes venant se superposer.

S'il s'agit d'une voile destinée à un voilier jaugé IOR, trois dimensions sont définies au départ.
la longueur maximum des chutes (SL) = $0{,}95 \sqrt{I^2 + JC^2}$;
la largeur maximum (SMW) = 1,8 SPL ;
(SPL étant la longueur du tangon, elle-même généralement égale à J) ; la largeur à mi-hauteur (SMG) comprise entre 0,75 SMW et SMW.

La largeur maximum, la largeur à mi-hauteur et la largeur entre les points d'écoute, ou bordure (SF), sont généralement égales sauf pour les spinnakers de largue et de brise pour lesquels la largeur entre points d'écoutes atteint le maximum alors que celle à mi-hauteur est réduite d'environ 10 % à 20 %.

Rappelons que I est la hauteur du triangle avant et J sa base.

D'autres restrictions sont définies par la jauge mais elles n'interfèrent pas sur le tracé. Pour leur détail ainsi que pour les mesures de I et J on se reportera au règlement de l'IOR.

Pour les voiliers non jaugés on adopte en général les mêmes proportions.

On commencera le tracé par la partie supérieure radiale. Celle-ci étant de forme ogivale, les courbes de la ligne médiane et de la chute seront identiques. Leur longueur développée sera comprise entre 50 et 55 % de SL en passant du spinnaker de vent arrière à celui de largue, la largeur à la base étant égale à SMG/2 (*fig. 3-63 a*).

Au sommet cette courbe se termine en une partie rectiligne comprise entre 10 et 25 % de SL, l'angle entre les deux courbes étant le demi-angle au sommet. Le sommet de la voile a en effet intérêt à être plat. On ne dépassera cependant pas le maximum de 25 %, faute de quoi elle deviendrait instable.

Le point bas de la partie supérieure correspondra à la flèche maximum de la courbe de la ligne médiane. Cette flèche variera entre 50 % et 40 % de SMW.

Dans l'exemple du spinnaker de vent arrière la flèche maximum se trouvant à la même hauteur que SMG et égale à SMG/2 = SMW/2, la corde correspondante (c'est-à-dire la droite joignant le point de drisse à la base de la courbe médiane) est alors confondue avec l'axe de symétrie de la partie supérieure.

Il n'en est pas de même pour le spinnaker de largue. Pour celui-ci la corde est décalée, vers la courbe médiane et à hauteur de la flèche, d'une valeur égale à SMG/2 – flèche *(fig. 3-63 b)*.

La longueur de la corde variera entre 103 et 106 % de SL du vent arrière au largue.

Le tracé de la chute est complété, parallèlement à la courbe médiane pour le spinnaker de vent arrière, alors que pour le spinnaker de largue il s'en écarte progressivement pour atteindre SF/2 à hauteur du point d'écoute.

En dessous de la droite joignant le point d'écoute et le point inférieur de la corde on peut accroître la surface par une jupe. Mais celle-ci est limitée par la présence de l'étai sur lequel elle vient buter et par l'angle du point d'écoute qui ne doit pas dépasser 90° pour que la surface adjacente reste bien plate.

La limite entre les parties supérieure et centrale se situera à hauteur de la flèche maxi ; elle peut cependant être encore plus basse sur le spinnaker de largue.

La limite entre les parties centrale et inférieure est définie par l'intersection de la bissectrice du point d'écoute avec la médiane.

On s'arrangera cependant pour que la hauteur de la partie centrale corresponde à un nombre juste de laizes, au besoin en repoussant un peu les limites supérieures et inférieures.

La hauteur de la partie inférieure sur la chute représentera à peu près 1/4 de SL sur un spinnaker de vent arrière mais elle pourra être très inférieure sur une voile de largue ; dans ce cas on prévoit, entre

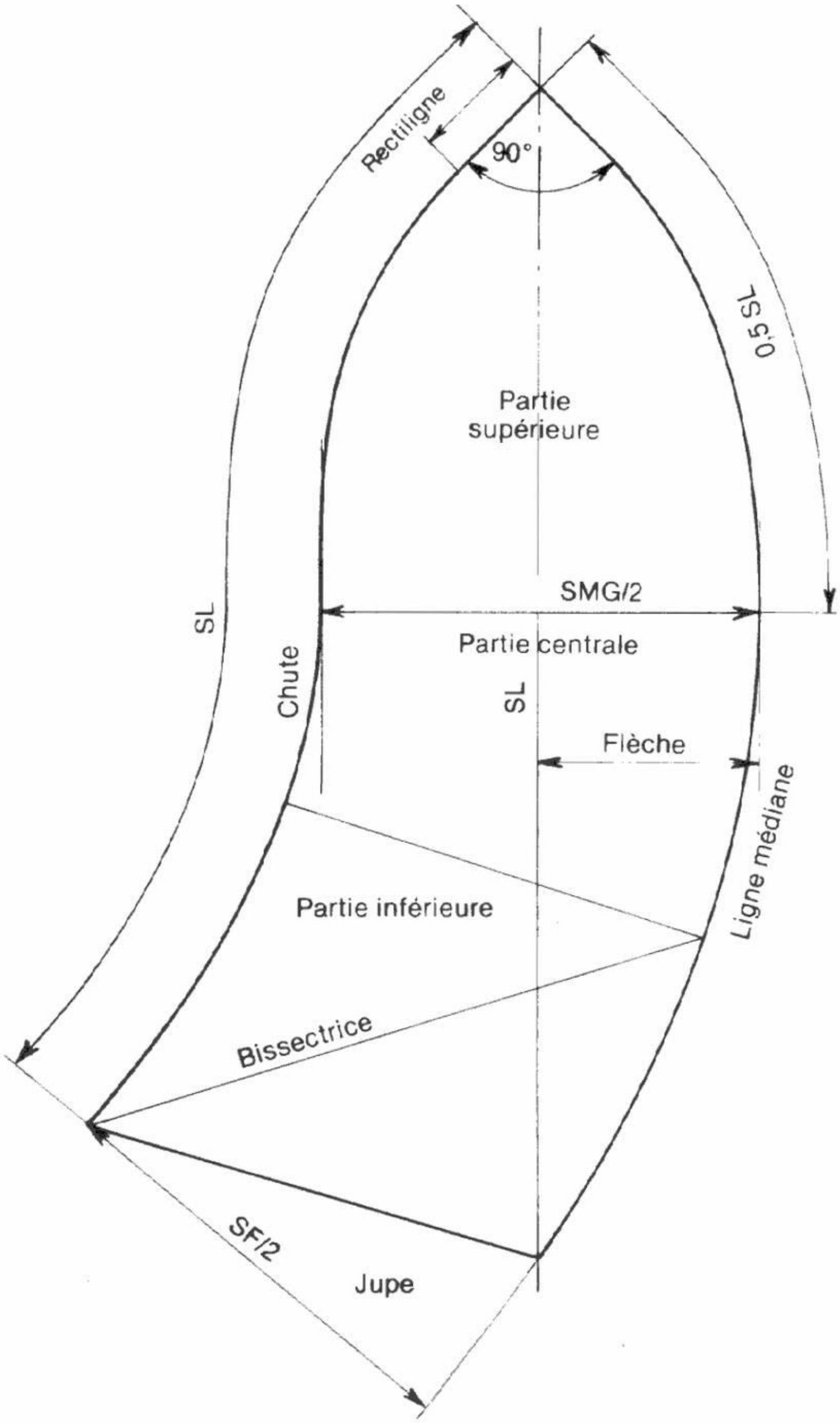


Figure 3-63 a. — *Tracé d'un spinnaker triradial de vent arrière.*

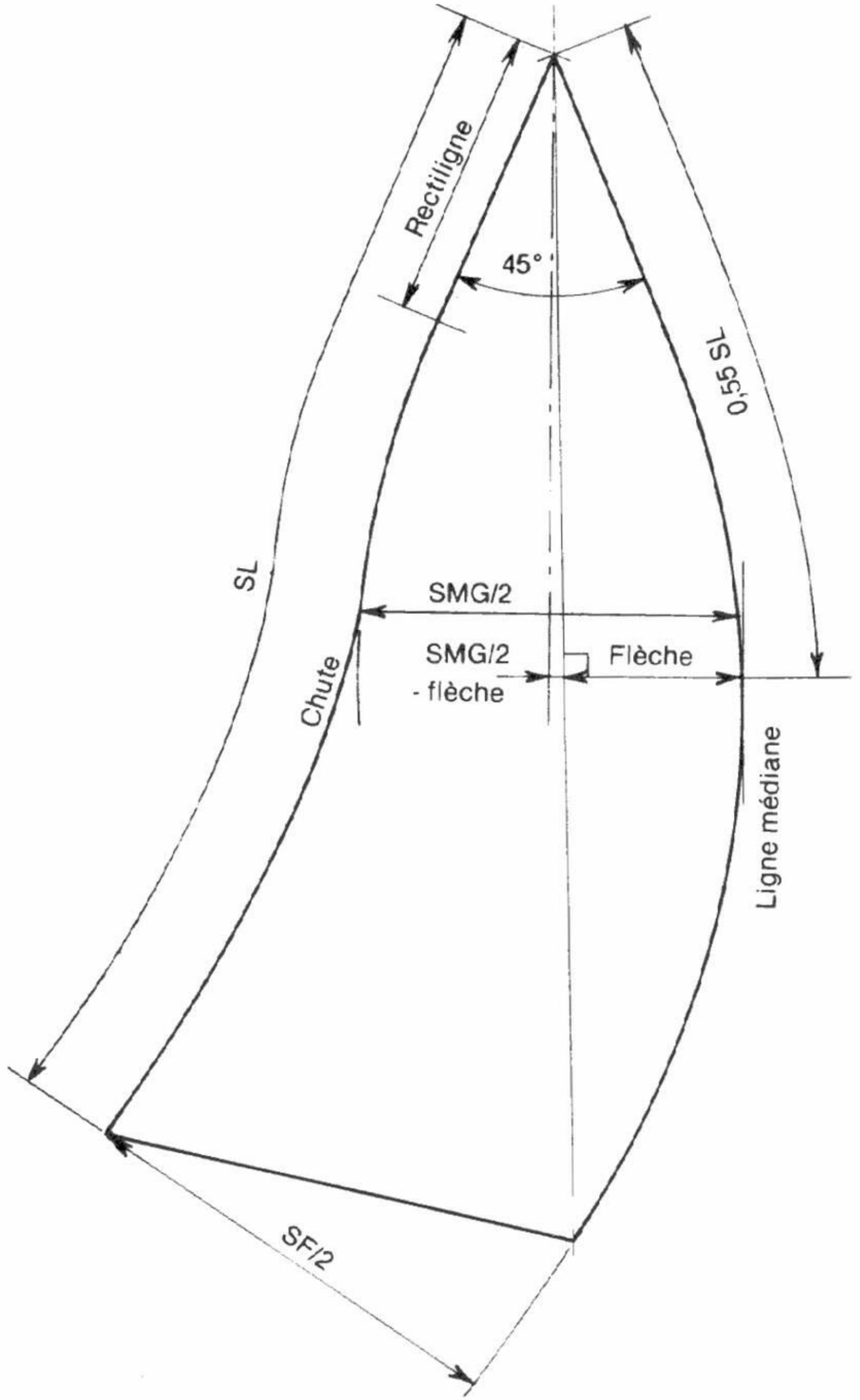


Figure 3-63 b. — *Tracé d'un spinnaker triradial de largue.*

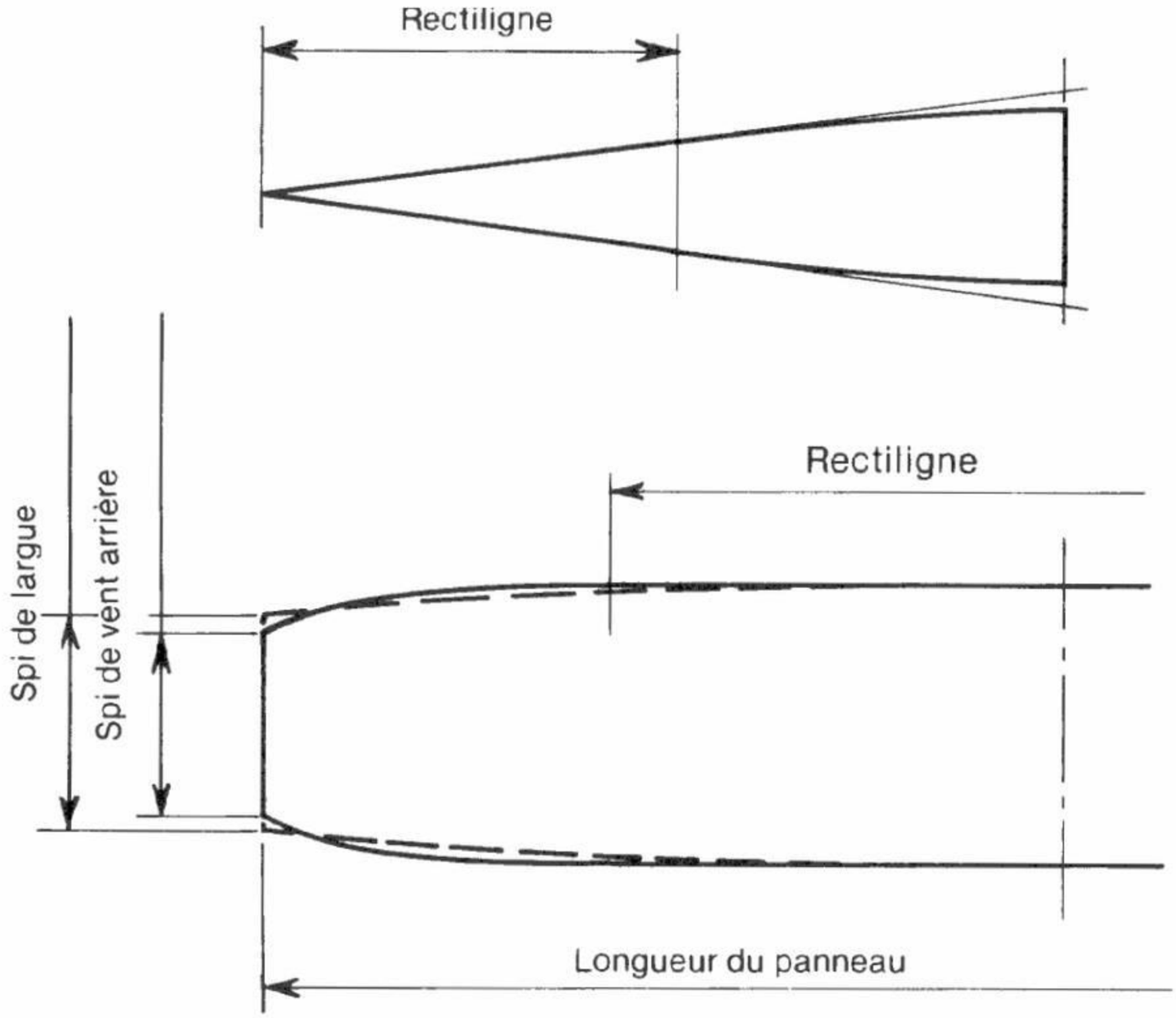


Figure 3-64. — Tracé des laizes supérieures et centrales d'un spinnaker triradial.

les deux parties radiales des points d'écoute des laizes verticales ou horizontales.

L'angle entre les limites de la partie centrale et les tangentes à la médiane ne peut être supérieur à 90°.

La partie supérieure est constituée de pointes dont les bords ne sont cependant rectilignes que vers le sommet sur la longueur prévue au tracé d'ensemble, la partie inférieure se resserrant progressivement (*fig. 3-64 a*).

Plus la partie rectiligne est importante, plus la tête de la voile est plate ce qui correspondra, on l'a compris, à un spinnaker de largue. Toutes les pointes seront semblables, leur nombre étant défini par la largeur déterminée par la limite avec la partie centrale. Sur les voiles de vent arrière cependant, une ou deux laizes centrales sont coupées droites, sans aucun arrondi afin de donner aux sections de la voile, dans cette partie, une forme elliptique.

Les laizes de la partie centrale seront d'une seule pièce d'une chute à l'autre avec, au centre, une partie parallèle sur 60 % environ de leur longueur pour une voile de largue (*fig. 3-64 b*).

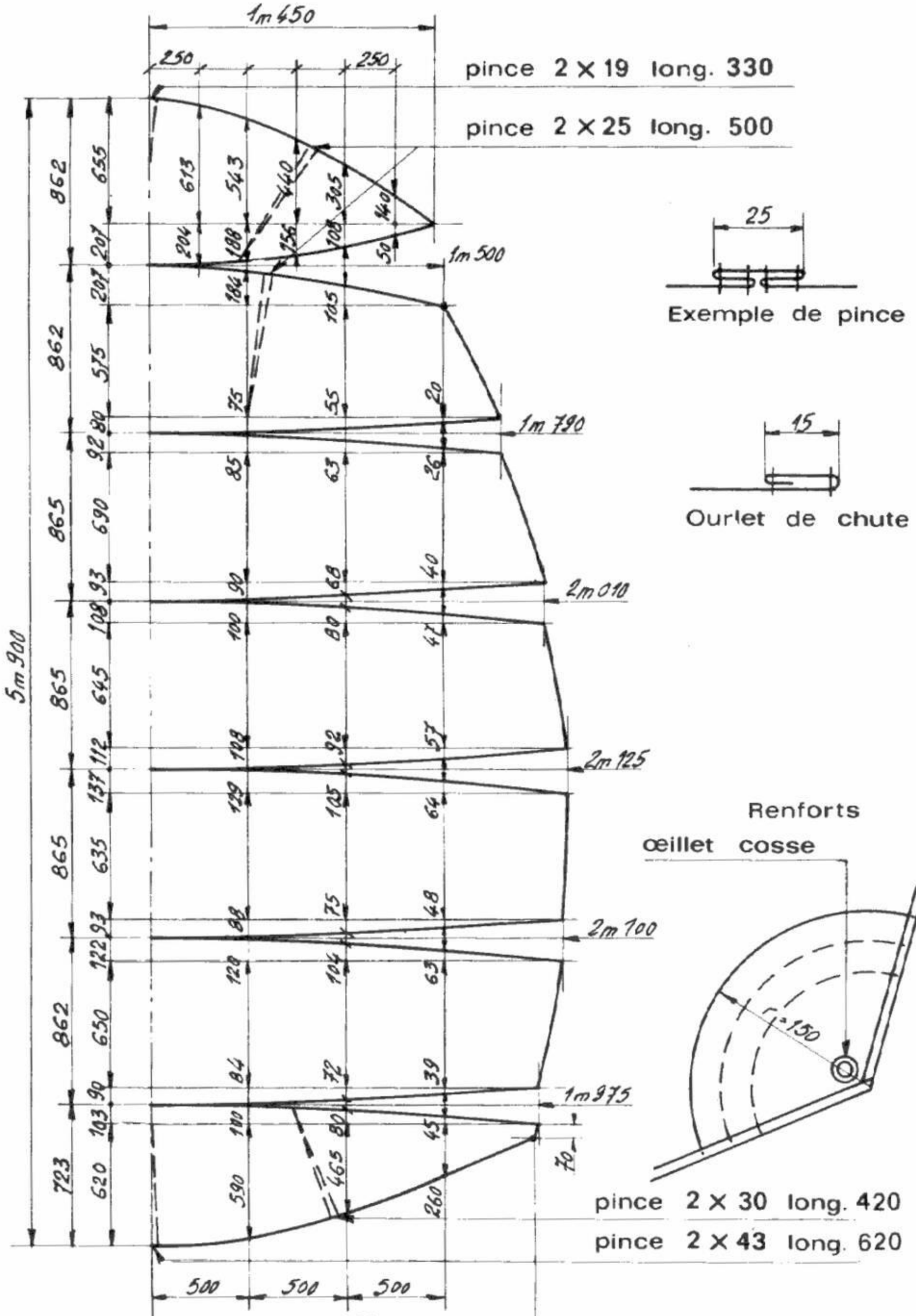


Figure 3-65. — *Exemple de découpe des panneaux d'un spinnaker de forme libre de 18,7 m².*

Vers les extrémités, la largeur se réduira à celle obtenue sur le tracé. La différence sera plus grande sur un spinnaker creux de vent arrière que sur un spinnaker de largue. De plus la forme de la courbure sera plus régulière sur ce dernier que sur l'autre où le rayon de courbure se réduira vers les extrémités afin de donner à la voile les sections transversales elliptiques.

Les laizes de la partie inférieure sont des pointes dont les bords, contrairement à celles de la partie supérieure, sont parfaitement rectilignes.

Compte tenu du fait que l'on va raccorder une partie inférieure parfaitement plate avec une partie supérieure en formes il faut prévoir qu'un ajustage sera nécessaire aussi bien entre les deux moitiés de la partie inférieure qu'entre celle-ci et la partie centrale et laisser un recouvrement suffisant sur les coutures correspondantes.

- *Tracé d'un spinnaker de dériveur*

Pour aider ceux que tenterait la fabrication d'un spinnaker, voici le tracé d'une voile de dériveur de 18,7 m², d'usage général *(fig. 3-65)*. Dans le cas présent le demi-angle au sommet est légèrement inférieur à 85° et le rapport chute/médiane est de 82,5 %. Chaque laize est découpée en forme et il faut compter 10 à 15 mm de plus sur un des côtés de chaque laize pour la couture. De plus trois pinces sont prévues dans les deux laizes du sommet et celle de la bordure. Les chutes et la bordure sont bordées par un simple ourlet et les trois points sont renforcés par trois ou quatre épaisseurs de tissu en arc de cercle de rayon maximum de 15 cm. Afin de les reconnaître facilement on choisit en général des couleurs différentes pour ces renforts : blanc pour le point de drisse, rouge et vert pour les points d'écoute.

Ce modèle peut servir de base pour des voiles allant jusqu'à 30 m² environ. Dans le cas d'un spinnaker IOR, les laizes constituant la moitié inférieure seront pratiquement toutes de la même longueur (attention aux mesures de jauge) et la courbure de leur découpe sera beaucoup moins accentuée.

Sur des voiles plus importantes, les chutes seront renforcées par des sangles légères de même couleur que les points d'écoute corcespondants.

Les renforts devront être également plus étendus et plus épais. Le Nylon se déchirant facilement aux coutures on peut augmenter la longueur de celles-ci (et réduire ainsi l'effort) en découpant le contour des renforts en larges dents.

Certains voiliers utilisent des méthodes de calcul pour obtenir la forme des divers panneaux, mais c'est en général par approximations successives que vous pourrez arriver à un résultat à peu près valable. Une règle absolue, la longueur des bordures de deux panneaux adjacents doit être égale et les sommes des éléments représentant l'axe médian et la chute doivent être égales aux valeurs déterminées à l'avance.

Sauf si elle est peu importante (moins d'une demi-laize) la bavette sera, par simplification, comptée en plus.

Il est toujours bon pour essai de réaliser un modèle en papier.

La coupe sphérique adoptée ici est la plus courante pour les spinnakers de dériveurs à condition de pouvoir disposer d'un Nylon stabilisé style Dynac, faute de quoi les chutes, placées dans le biais s'allongeraient très rapidement et, retenues par les ourlets ou les sangles, se rouleraient vers l'intérieur. Elle a l'avantage d'être bonne aussi bien au vent arrière qu'au largue.

On trouve également dans les dériveurs la coupe à laizes perpendiculaires à la chute qui nécessite un Nylon stabilisé pour ne pas trop se déformer dans la partie supérieure centrale, et la coupe triradiale qui se contente de Nylons moins stabilisés et qui convient très bien à des voiles relativement plus plates dans leur partie supérieure comme celle des 505. Le réglage de la hauteur du tangon est cependant plus critique.

Montage

Le montage des laizes s'opère de la même façon que pour n'importe quelle autre voile.

La bordure est arrêtée par un ourlet simple ou une gaine suivant la taille de la voile. Les chutes sont renforcées par une gaine rapportée en Nylon ou en Tergal. On fait généralement celles-ci de la même couleur que les renforts, rouge et vert pour les chutes, blanc pour la bordure.

Dès que la voile atteint une certaine dimension, les gaines sont renforcées par un « nerf », constitué d'un câble en acier inox souple, de faible diamètre, réglé à la longueur exacte autorisée par la jauge.

Les trois points de la voile doivent être très soigneusement renforcés afin de répartir au mieux les efforts qui y sont concentrés tout en maintenant la planéité de la voile.

On utilisera généralement des tissus de grammage dégressif depuis le premier renfort au contact de la voile, le plus petit (en

polyester sur les grandes voiles) jusqu'au dernier, et plus grand, situé tout à l'extérieur qui, lui, est dans le même tissu que la voile.

Sur un spinnaker triradial, chaque renfort est constitué d'autant de pointes que la voile elle-même et les coutures transversales seront ..gées en arc de cercle. Sur les grands spinnakers le dernier renfort est découpé en larges dents de scie (les creux correspondant aux coutures des laizes lorsque celles-ci sont radiales) afin d'assurer une meilleure transition. Les voiliers professionnels collent les renforts avant s assembler afin de faciliter le travail et d'améliorer le bl ge . ifférentes épaisseurs entre elles.

Les poin s d'attache vont du simple œillet cosse pour une voile de dérivcur à un anneau en D ou en △ tenu par des sangles cousues, comme d un foc, pour les plus grandes voiles.

Entre les deux, on trouve également des œillets cosse emprisonnant une ou deux sangles cousues sur les ralingues.

Dans tous les cas la longueur des sangles est étagée sur les deux faces de la voile, afin d'assurer la meilleure transition possible.

SPINNAKERS DE CROISIÈRE

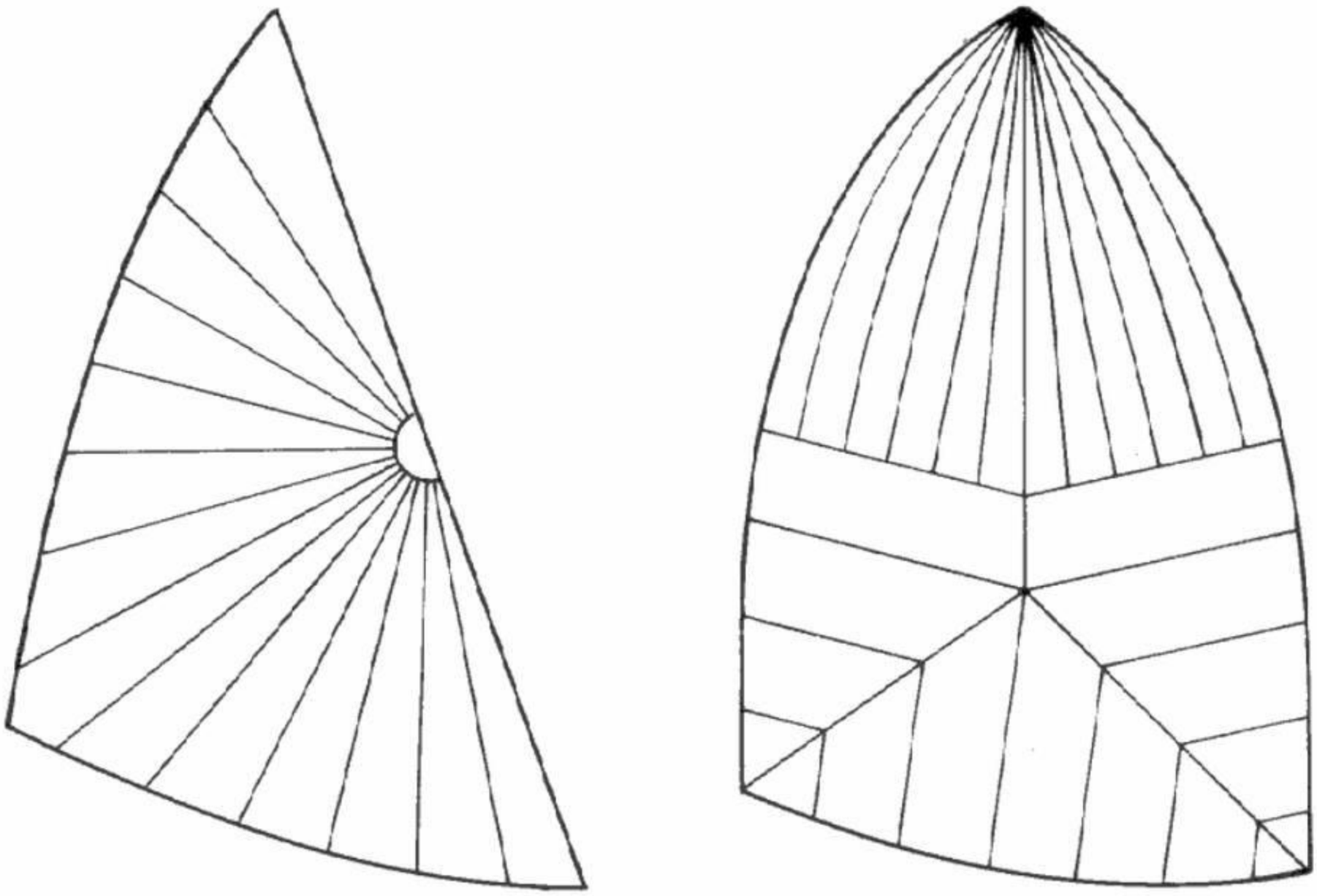
Inventé par Chris Bouzaid en 1968, le spinnaker de croisière ne diffère essentiellement du spinnaker normal, dans sa construction, que par l'asymétrie de ses formes et un creux moindre.

Il possède donc un point d'amure tenu par un hale-bas passant dans une poulie fixée à l'étrave et revenant au cockpit, et un point d'écoute plus élevé.

Son maximum d'efficacité se situe entre 70 et 140° de vent apparent et jusqu'à 15 nœuds. Sa surface oscille autour de 70 à 85 % de celle d'un spinnaker normal et son angle en tête est compris entre 50 et 70°. Plus l'angle sera réduit plus la voile pourra être portée près du vent.

La longueur du guindant est égale ou légèrement supérieure à celle du génois et la bordure correspond à 160 ou 165 % de la base du triangle avant.

Les coupes les plus simples comportent des laizes horizontales comme un génois avec parfois, comme pour les MP-S de Hood, des laizes verticales dans le tiers inférieur (*fig. 3-66*).



a b

Figure 3-66. — *Deux exemples de coupe de spinnaker de croisière :*

a) Coupe soleil de Miller et Whitworth, plus orientée vers le largue.
b) Coupe radiale en tête, plus orientée vers le vent arrière.

Les plus complexes comportent une tête radiale sur la moitié ou le tiers supérieur (Gennaker de North, Flasher de Hard) avec même parfois une coupe à l'anglaise aux points d'amure et d'écoute (Bruce Bank). A noter également les coupes soleil ou entièrement radiales de Miller & Whitworth. En fait, selon que la coupe et la surface seront plus proches de celles d'un génois ou d'un spinnaker, la voile donnera son maximum d'efficacité plus ou moins près du vent.

Le Nylon utilisé dans sa confection est légèrement plus lourd que celui d'un spinnaker léger de vent arrière soit 32 g/m^2 pour un voilier jusqu'à 8 m, 51 g/m^2 de 8 à 12 m et 95 g/m^2 au-delà de 12 m.

BIG-BOY

Qu'elle soit baptisée big-boy, blooper, shooter, streaker, sneaker, chuter, etc., selon l'inspiration du voilier, cette voile complémentaire du spinnaker s'est maintenant imposée dans presque toutes les séries de course au large. Bien que son véritable essor puisse se dater de la Southern Cross Series de 1971 où Chris Bouzaid l'arbora pour la première fois, elle naquit en fait deux ans plus tôt en Angleterre et aux U.S.A.

Dans tous les cas il s'agit d'une voile envoyée « en l'air » sous le vent du spinnaker. Elle est amurée soit directement en passant par l'extérieur du balcon, soit à l'intérieur sur une pantoire égale à la hauteur de celui-ci. L'écoute est généralement passée en bout de bôme.

Ses dimensions sont définies par la jauge IOR qui impose que le guindant (y compris la pantoire s'il en est prévue une) doit pouvoir être hissé à bloc sur la drisse de foc. D'autre part ses dimensions sont définies comme celles des génois, c'est-à-dire par la hauteur issue du point d'écoute (LPG), par trois largeurs prises aux trois quarts de la hauteur du guindant et de la chute et qui doivent être au plus égales à 1/4, 1/2 et 3/4 de la bordure et une limite de rond de bordure déterminée par la distance entre le milieu du guindant et le milieu de la bordure qui ne doit pas être supérieure à 55 % de la chute.

Un creux très important étant placé dans le guindant, le big-boy devient en fait un génois déformé (*fig. 3-67*).

Sa coupe est maintenant pratiquement unifiée et comporte deux parties distinctes, une moitié supérieure constituée de laizes perpendiculaires à la chute et une moitié inférieure dont les laizes sont perpendiculaires à la dernière laize de la moitié supérieure *(fig. 3·68)*. On trouve cependant des coupes plus complexes.

Le Nylon utilisé, de 21 g/m² pour les petits voiliers jusqu'au One-tonner, passe à 32 g/m² pour un Two-tonner. Au-dessus il n'est pas rare de voir deux big-boys de poids différents, jusqu'à 64 g/m². Le guindant est pourvu d'une sangle.

De forme moins critique que le spinnaker c'est peut-être un bon exercice pour s'initier à la voilerie.

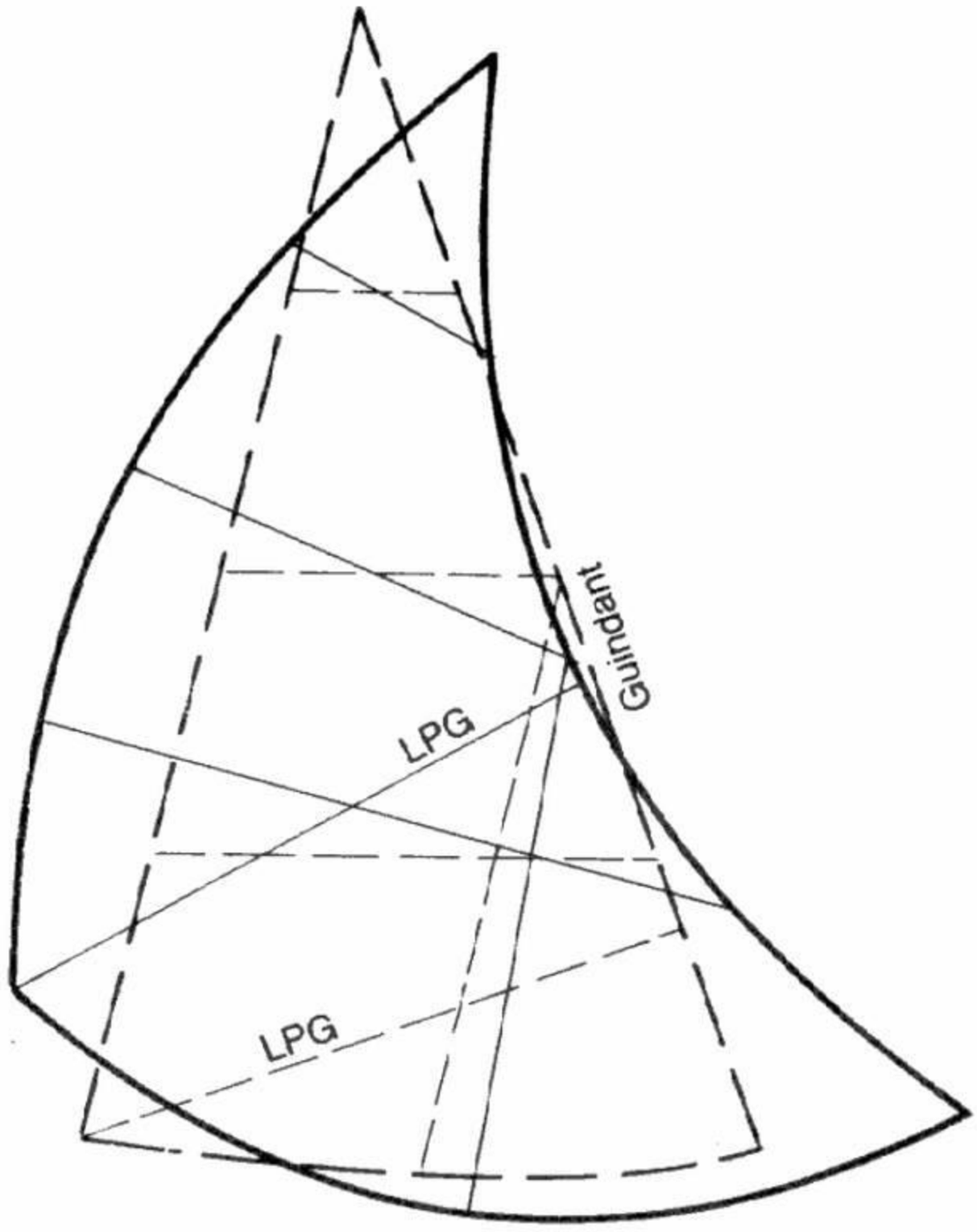


Figure 3-67. — *Le big-boy est un génois déformé. Ses mesures dans la jauge IOR sont les mêmes que celles d'un génois.*

TRINQUETTES, TALL-BOYS ET VOILES D'ÉTAI

Ces voiles d'appoint dont nous avons vu les raisons d'être dans le premier chapitre ont pour point commun de ne pas être endraillées et, par conséquent, d'être envoyées « en l'air ».

Les trinquettes de près ou de largue avec reacher et les tall-boys, par leur position dans l'écoulement entre grand-voile et foc doivent être coupés très plats. Le rond de guindant sera donc nul ou peut-être même négatif. La chute des trinquettes de près sera échancrée pour éviter les barres de flèche sous lesquelles elles s'engagent, celle des trinquettes de largue sera échancrée comme pour un génois tandis que celle des tall-boys sera pratiquement rectiligne.

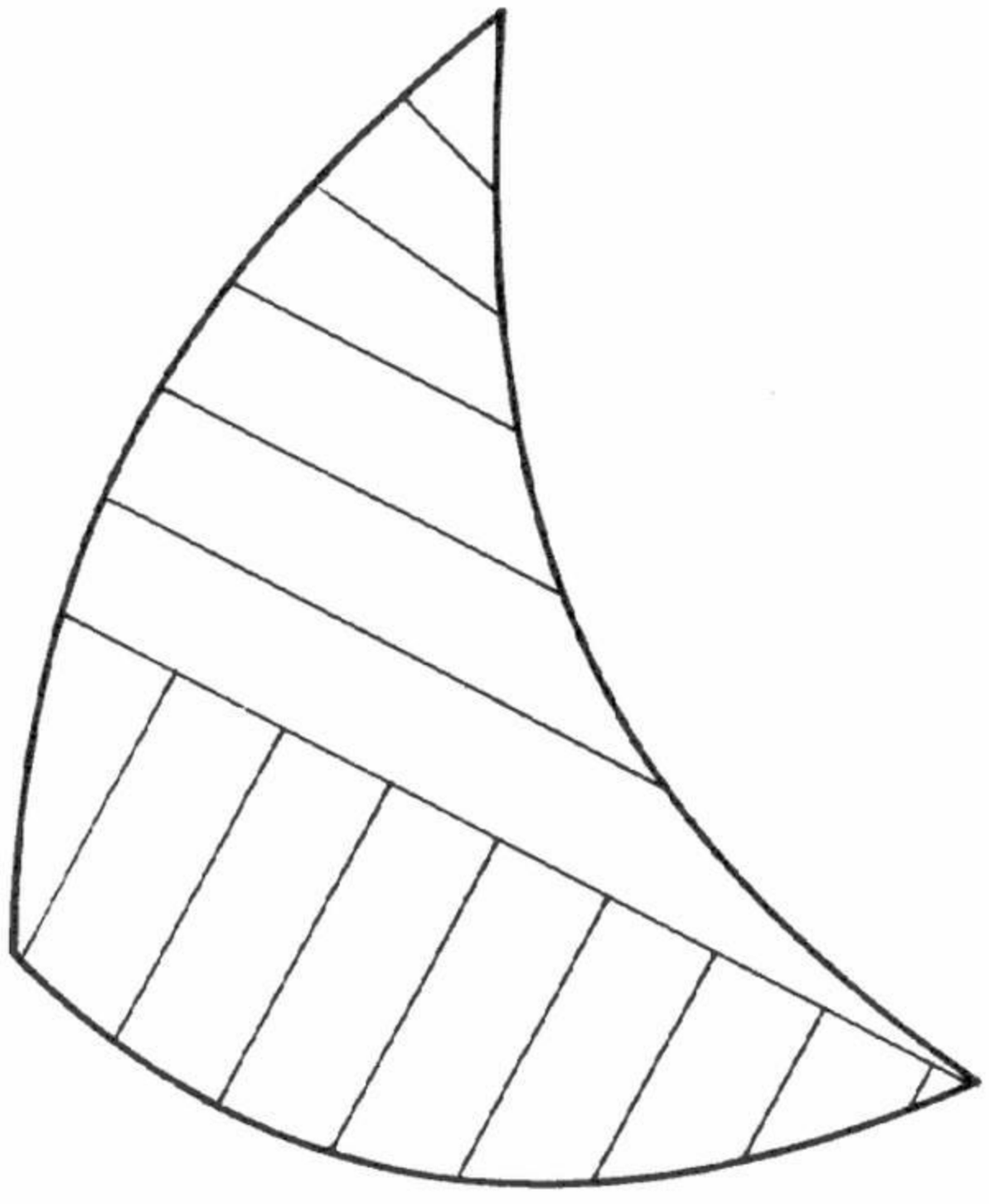


Figure 3-68 — *Disposition typique des laizes d'un big-boy.*

La disposition des laizes se fera à l'anglaise pour les trinquettes de largue et normalement pour la plupart de celles de près et pour les tall-boys dont l'angle entre chute et guindant est très faible. Dans tous ces cas, la bordure sera rectiligne ou avec un léger rond pour les trinquettes. Le guindant devra être ralingué avec un câble métallique en raison de la traction importante à laquelle il est soumis mais on aura intérêt à le laisser réglable. Pour la même raison, les points doivent être particulièrement renforcés.

Les voiles d'étai de ketch ou yawl sont, au contraire des trinquettes, relativement creuses. La disposition des laizes est généralement normale, l'angle au point d'écoute étant voisin de 90°.

4. Accessoires des voiles

Il ne suffit pas d'avoir des voiles bien coupées dans de bons tissus, encore faut-il qu'elles soient équipées correctement avec les divers accessoires qui servent à les établir, à les régler, à les protéger, etc.

LES GRAND-VOILES

Si le mât n'est pas muni d'une gorge mais d'un rail, la voile devra être équipée de coulisseaux.

Coulisseaux

La *figure 4-1* donne un certain nombre d'exemples de coulisseaux en métal ou en Nylon correspondant à différents types de rails.

Sur des rails en alliage léger, les coulisseaux de même matière et même parfois ceux en Nylon, peuvent glisser difficilement. Le suif est dans ce cas le meilleur lubrifiant.

La fixation de ces coulisseaux sur la voile se fera par une ligature, une lanière de cuir cousue ou par une ou deux petites manilles.

Cette dernière solution est de loin la meilleure car les ligatures s'usent en général très rapidement.

On prendra de préférence des manilles en tôle emboutie ou en nylon avec un manillon ayant une tête analogue à une vis fendue ou hexagonale qui ne risque pas de s'accrocher. Pour ne pas user la ralingue et la gaine, on interpose une petite plaquette de matière plastique genre rhodoïd.

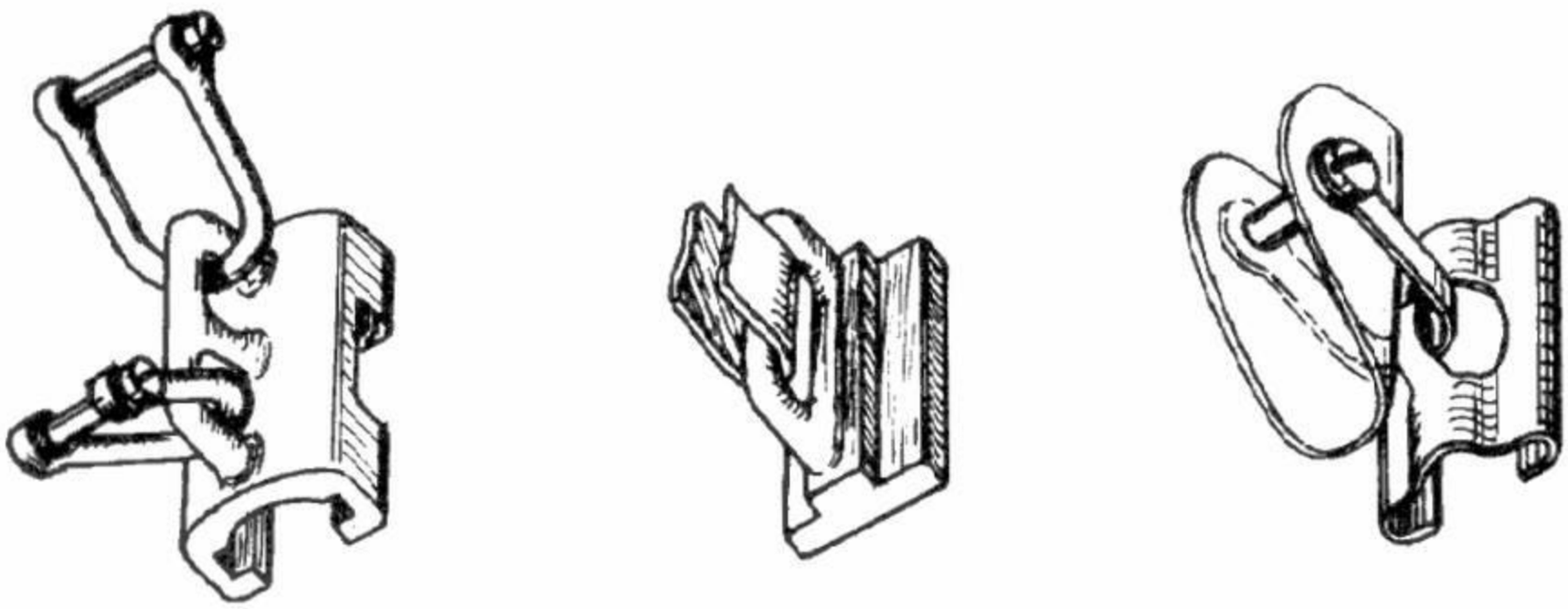


Figure 4-1 — *Coulisseaux de grand-voile :*
a) en alliage léger pour rail en T, fixation par manille ;
b) en Nylon pour rail en C, fixation par lanière de cuir cousue ;
c) en laiton pour rail en T, fixation par manille emboutie avec protection en matière plastique.

La voile aura, bien sûr, été équipée de petits œillets pour recevoir les manilles.

Nous ne signalerons que pour mémoire les chavillots destinés à enverguer sur des espars à gorge des voiles dont les ralingues n'ont pas été prévues pour ce mode de fixation. Il est de beaucoup préférable de faire modifier la voile.

L'espacement des coulisseaux variera de 0,50 m à 1 m pour des guindants de 6 à 20 m. Sur les bômes, l'espacement sera réduit de 30 % environ.

Un ou deux coulisseaux rapprochés seront fixés le plus près possible de la têtière et du point d'écoute.

Si la bôme est équipée d'un système à rouleau, le point d'amure étant généralement assez reculé, les deux ou trois coulisseaux inférieurs seront fixés à la voile par un transfilage permettant de régler exactement le bas de la voile.

Lattes

Bois, matière plastique, résine armée de fibre de verre, alliage léger, presque tous les matériaux possibles ont été essayés. Il semble cependant que le bois conserve encore la suprématie, le meilleur étant le frêne ou l'acacia. Il a le gros avantage de permettre un ajustage précis de la longueur et de la souplesse. Il doit être parfaitement droit de fil, sans nœud, de structure aussi homogène que possible.

La souplesse de la latte est particulièrement importante non seulement en valeur mais aussi en progressivité. La latte doit en effet soutenir la chute sans contrarier la courbure de la voile. Elle doit donc être raide à l'arrière et progressivement de plus en plus souple vers l'avant. Pour obtenir cette progressivité l'épaisseur doit diminuer de l'arrière vers l'avant si la latte est en bois. S'il s'agit de matière plastique ou de métal, une nervure centrale ou une section en zigzag disparaissant progressivement permettront d'obtenir une courbure convenable.

On trouve maintenant différentes lattes en matière plastique. Il sera bon de contrôler leur souplesse avant l'achat et surtout leur poids car certaines sont beaucoup trop lourdes. Pour les grandes longueurs on évitera les lattes constituées d'un scion rond de canne à pêche car, n'ayant pas de direction préférentielle pour se cintrer, elles peuvent aussi bien le faire dans le plan vertical.

De toute façon, une grand-voile doit comporter au minimum deux jeux de lattes de raideurs différentes pour s'adapter à la force du vent. Tous les angles et les arêtes doivent être parfaitement arrondis et poncés pour ne pas user les coutures. Les lattes en bois seront vernies et sur les bateaux de croisière il est bon de coller aux extrémités des fourrages en peluche ou velours autocollant.

Les largeurs normalement utilisées sont de 30 à 35 mm pour les dériveurs, de 40 mm pour les petits habitables et voiliers de compétition et de 45, 55 ou 75 mm pour les voiliers de croisière.

Nerf de chute

C'est une petite ligne en polyester tressé, ou en câble d'acier sur les très grandes voiles, passée dans la gaine de chute, fixée à la têtière et qui ressort par un petit œillet au-dessus du point d'écoute. Il sert à retendre la chute des grand-voiles et des génois lorsque celle-ci a tendance à fasseyer ou à tomber sous le vent. Il peut

permettre également de refermer la chute mais son réglage est très précis et doit être soigneusement contrôlé.

Sur les voiles lattées il a pour rôle de forcer le cintrage des lattes.

Le réglage s'effectue sur les voiles assez grandes à l'aide d'un coinceur Clam-cleat rivé à plat sur la voile. Un cache en plastique ou un rabat en toile fixé par un Velcro doit le recouvrir pour éviter tout accrochage *(fig. 4-2)*.

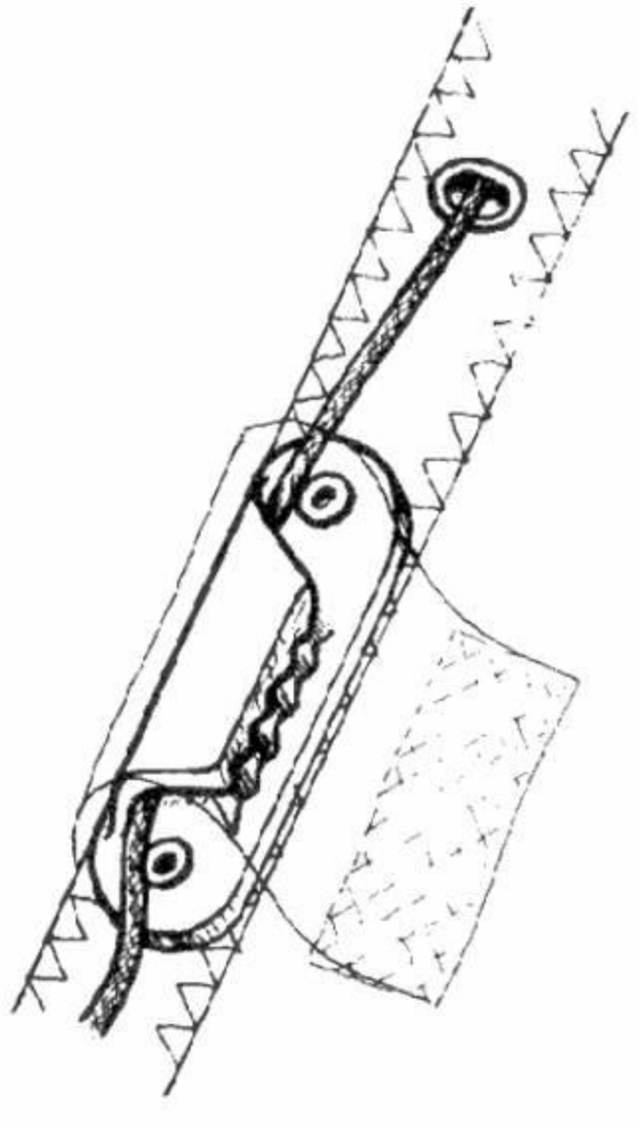


Figure 4-2 — *Conduit coinceur pour nerf de chute. Un cache ou une languette de toile fixée par un* Velcro *assure sa protection.*

Bande de ris

Le meilleur moyen de réduire correctement une grand-voile est sans aucun doute la bande de ris. C'est en effet la seule méthode qui permette d'étarquer la voile sur la bôme et de lui conserver ainsi une forme correcte.

Une bande de ris doit comporter à chaque extrémité, ou empointure, un œillet sur bague posé sur des renforts suffisants. Ces deux points sont appelés en effet à subir les mêmes efforts que les points d'écoute et d'amure normaux *(fig. 4-3)*.

Sur les très grandes voiles, on remplace l'œillet de l'empointure de chute par une patte à cosse fixée sur deux œillets sur bague.

Par ailleurs avec les systèmes de ris à prise rapide dont la ferrure de point d'amure comporte des crocs il est préférable de remplacer

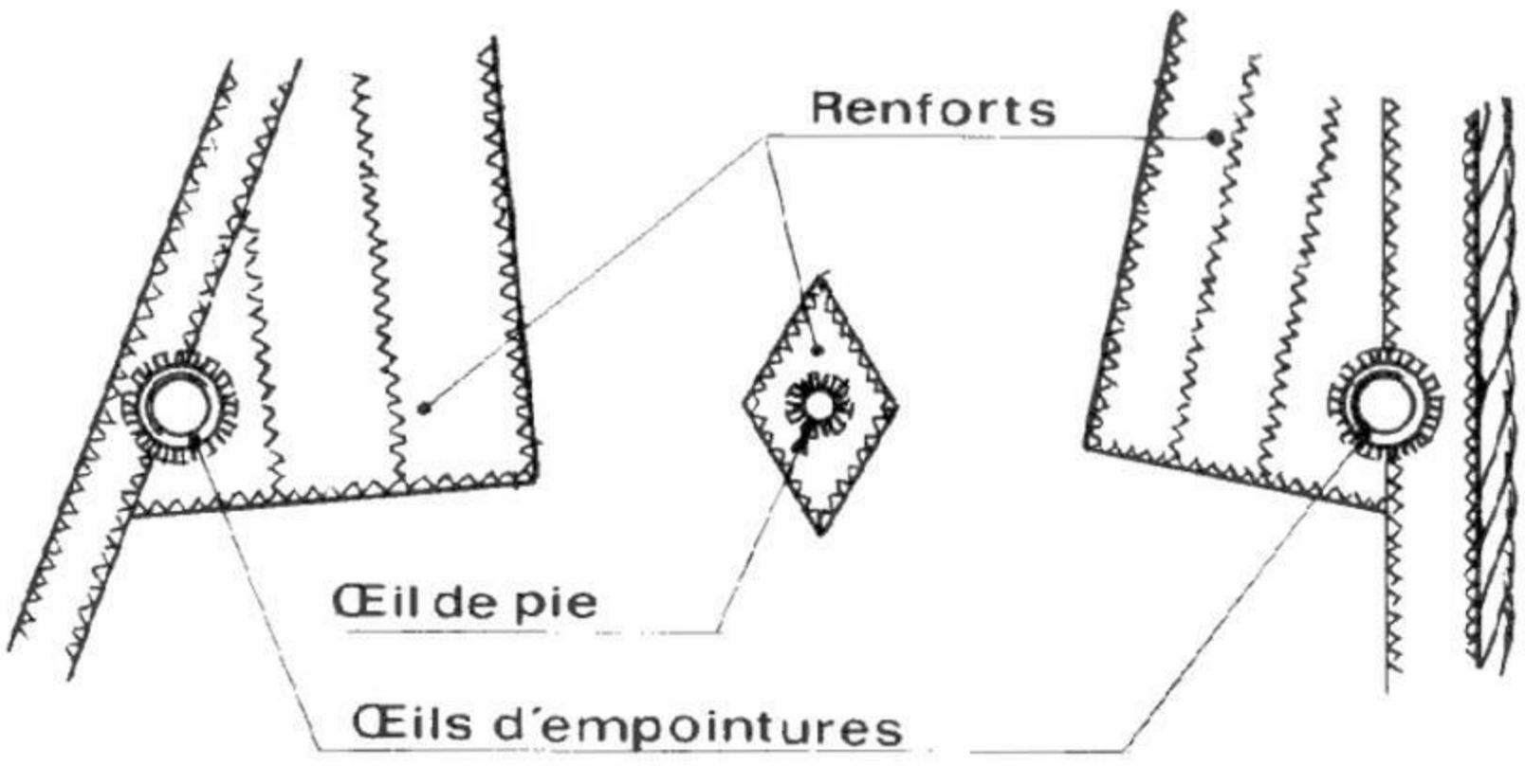


Figure 4-3 — *Détails d'une bande de ris.*

l'œillet par un anneau en D fixé par des sangles cousues *(fig. 4-4)*. Attention à la direction de celles-ci qui doit correspondre à celle des efforts. On alternera les anneaux de chaque bande de ris d'un bord sur l'autre.

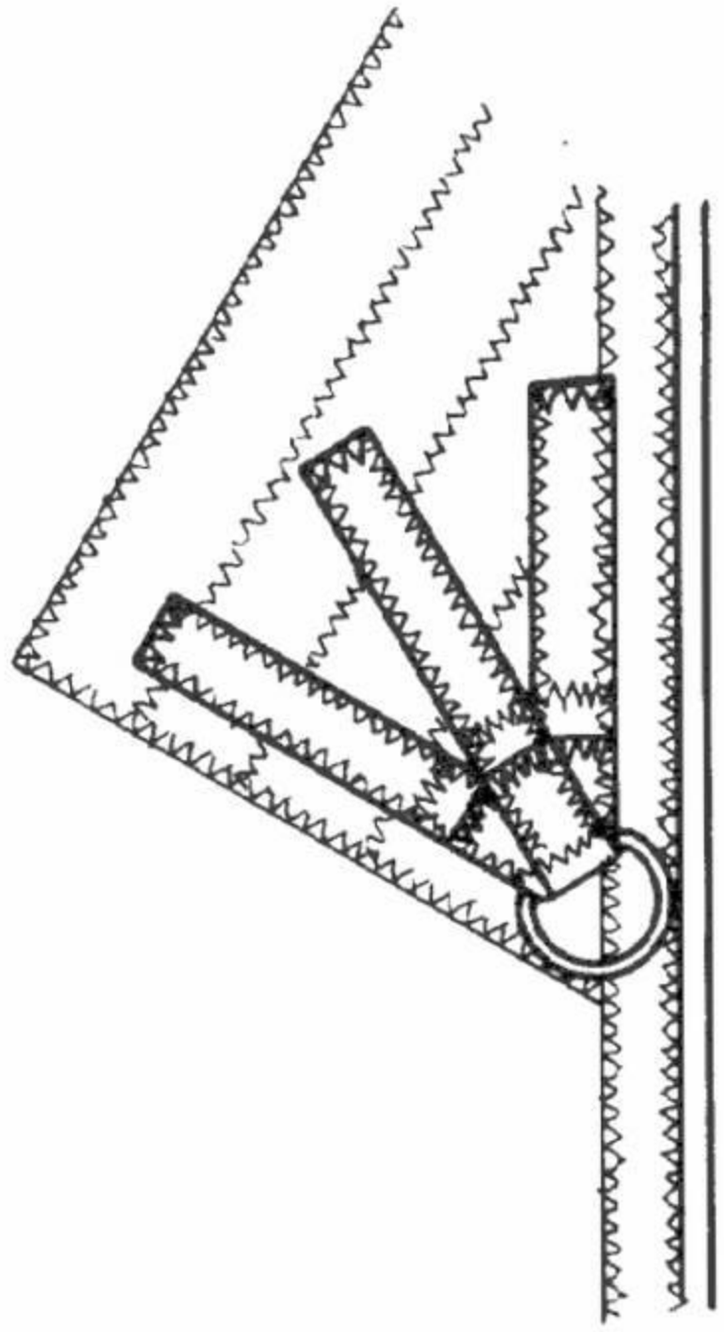


Figure 4-4 — *Montage d'un anneau en D pour le point d'amure de ris avec une ferrure à croc.*

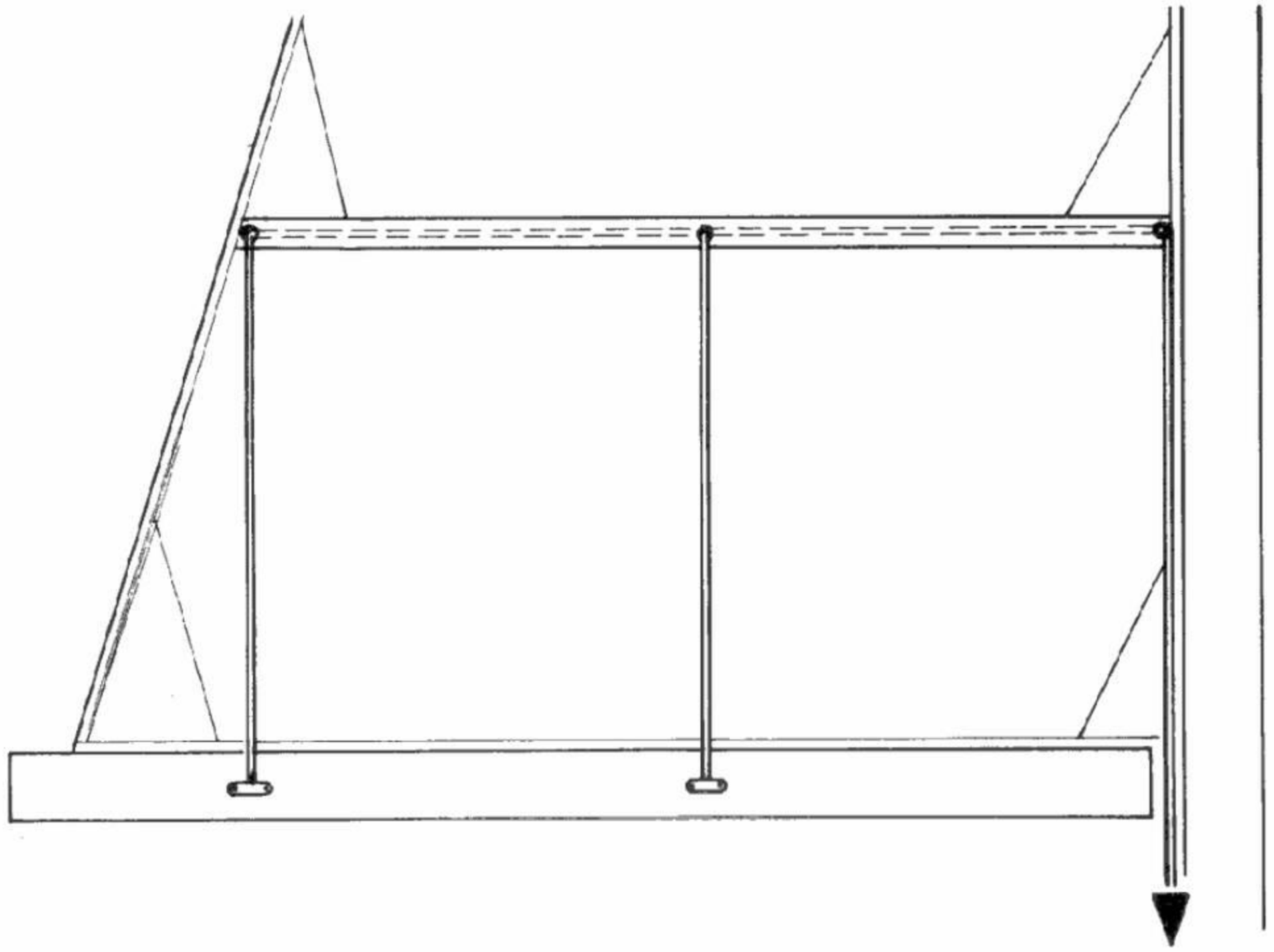
Sur les voiles de croisière il sera bon de coudre sur la voile une sangle reliant les œils d'empointure et portant les œils de pie. Cette pratique, normale du temps des voiles en coton et malheureusement abandonnée aujourd'hui, évite une déformation rapide de la voile sous la traction de la bosse de ris.

Les œillets pour les garcettes ou « œils de pie » sont également des œillets sur bague, espacés de 30 à 40 cm, posés sur des petits renforts en losange cousus sur la voile.

Le tracé de la bande de ris peut être rectiligne ou, sur une voile très creuse, courbe. La courbure dont la convexité est placée vers le haut, aura son maximum de flèche vers le milieu.

Dans les deux cas, la ligne joignant les empointures ne sera pas parallèle à la bordure mais remontera vers l'arrière de quelques centimètres.

Il existe également des systèmes de prise de ris rapide comportant un petit câble en acier ou un cordage en polyester préétiré partant de l'arrière de la bôme, remontant à l'empointure d'écoute, passant dans une gaine au niveau de ce qui serait la bande de ris pour ressortir par l'empointure d'amure et redescendre le long du



Figuée 4-5 — *Système de prise de ris rapide interne à la voile.*

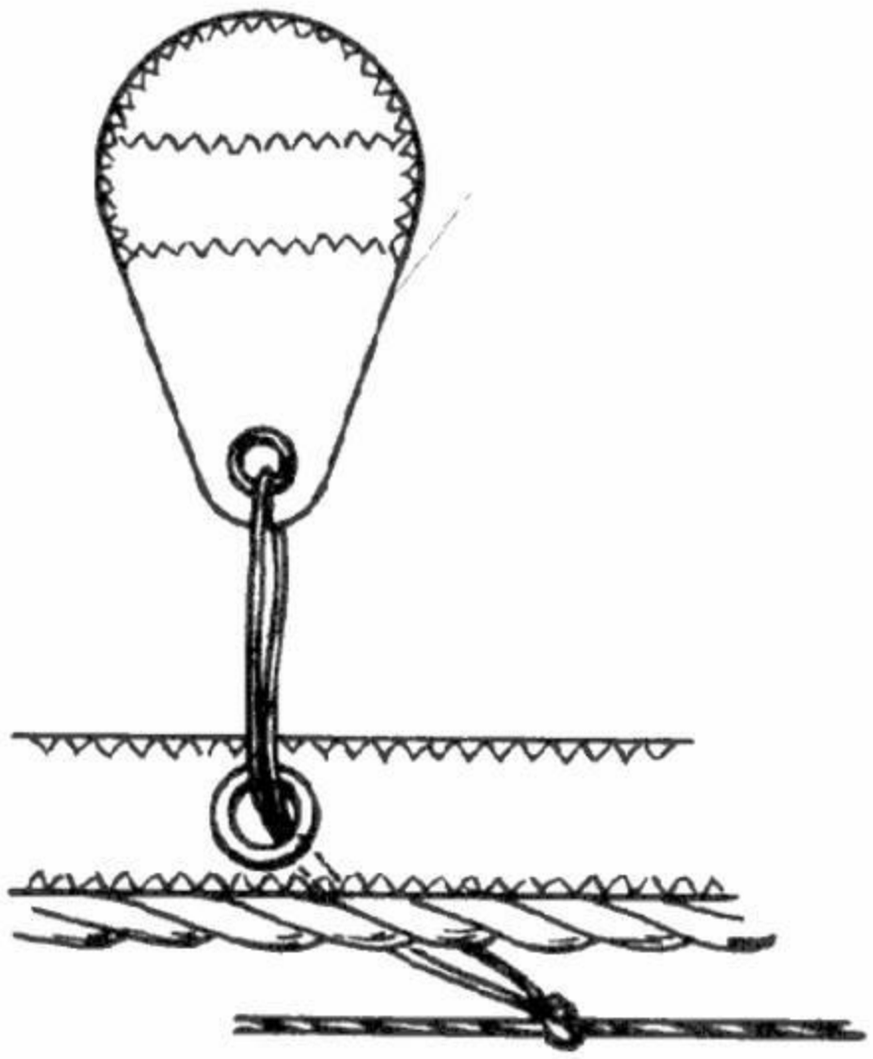
mât. Un deuxième câble à mi-longueur de la bôme peut être épissé sur le premier *(fig. 4-5)*. Ce système est rapide mais il a l'inconvénient de laisser la bavette de la voile battre dans le vent et ne dispense pas d'un second palan à l'empointure d'écoute pour étarquer la bordure.

Ris de fond

Sur une voile très creuse le long de la bordure, comme c'est le cas pour les voiles modernes où l'on cherche à maintenir la courbure le plus bas possible, il se forme en étarquant une poche qui ne permet pas d'aplatir la voile convenablement lorsque cela est nécessaire. C'est pourquoi l'on prévoit dans ce cas un ris de fond courbe reliant le point d'écoute au point d'amure. Il peut être constitué, comme pour une bande de ris classique, d'œillets dans lesquels on passe un transfilage. Il suffit de tirer sur la ligne pour reprendre d'un coup tous les points dont la tension peut s'équilibrer correctement et automatiquement.

Pour les voiles de surface importante, L. North a mis au point un système de pattes cousues sur la voile et reliées par des garcettes réglables à un câble de commande unique *(fig. 4-6)*.

Mais le meilleur système consiste sans doute à utiliser une fermeture à glissière en Nylon. Si elle ne permet pas un réglage



.Figure 4-6 — *Ris de fond à patte de L. North.*

progressif elle a, par contre, l'avantage de la simplicité et de la rapidité de manœuvre. La commande peut se faire directement par le curseur ou par un va-et-vient en ligne de Nylon passant dans les œils des points d'écoute et d'amure. On peut également faire passer le retour de ce va-et-vient dans la gaine de bordure par deux petits œillets posés aux extrémités, comme pour un nerf de chute.

Grand-voile à enrouleur

Lors de la Transatlantique en solitaire de 1980 Philip Weld a utilisé sur son trimaran Moxie un système de grand-voile s'enroulant à l'intérieur du mât mis au point par Hood depuis quelques années et commercialisé dans sa version actuelle améliorée sous le nom de Stoway 2.

Le profil de mât utilisé, malheureusement et obligatoirement plus gros qu'un mât normal, comporte dans sa partie arrière une gorge analogue à celle d'une ralingue mais assez grande pour contenir la voile enroulée (*fig. 4-7*).

La ralingue de la voile, de type classique, est enverguée dans un profilé comme pour un foc à rouleau, la drisse étant fixée à un curseur à émerillon coulissant sur ce profilé et sur lequel s'amarre le point de drisse. La voile peut donc être enverguée à la demande comme une voile normale et sa tension réglée par la drisse.

La rotation du profilé peut être assurée par trois dispositifs différents :

— dans le système standard, une manivelle sur l'avant du mât, à hauteur de la bôme, l'actionne par un renvoi d'angle ;

— la seconde option comporte une commande à distance mécanique permettant d'effectuer la manœuvre depuis le cockpit ;

— la troisième est tout simplement celle d'un moteur électrique incorporé au mât.

La bordure de la voile doit rester libre et la tension du point d'écoute, qui avance au fur et à mesure de l'enroulement, est assurée par un palan à deux brins dont le dormant et la poulie de renvoi sont fixés sur un chariot coulissant sur un rail encastré dans le dessus de la bôme. Le courant du palan, passant par l'intérieur de la bôme revient à portée de main au point désiré.

En cas de panne du dispositif il est toujours possible, à condition que la voile puisse être déroulée, de la réduire par les moyens classiques en larguant la drisse.

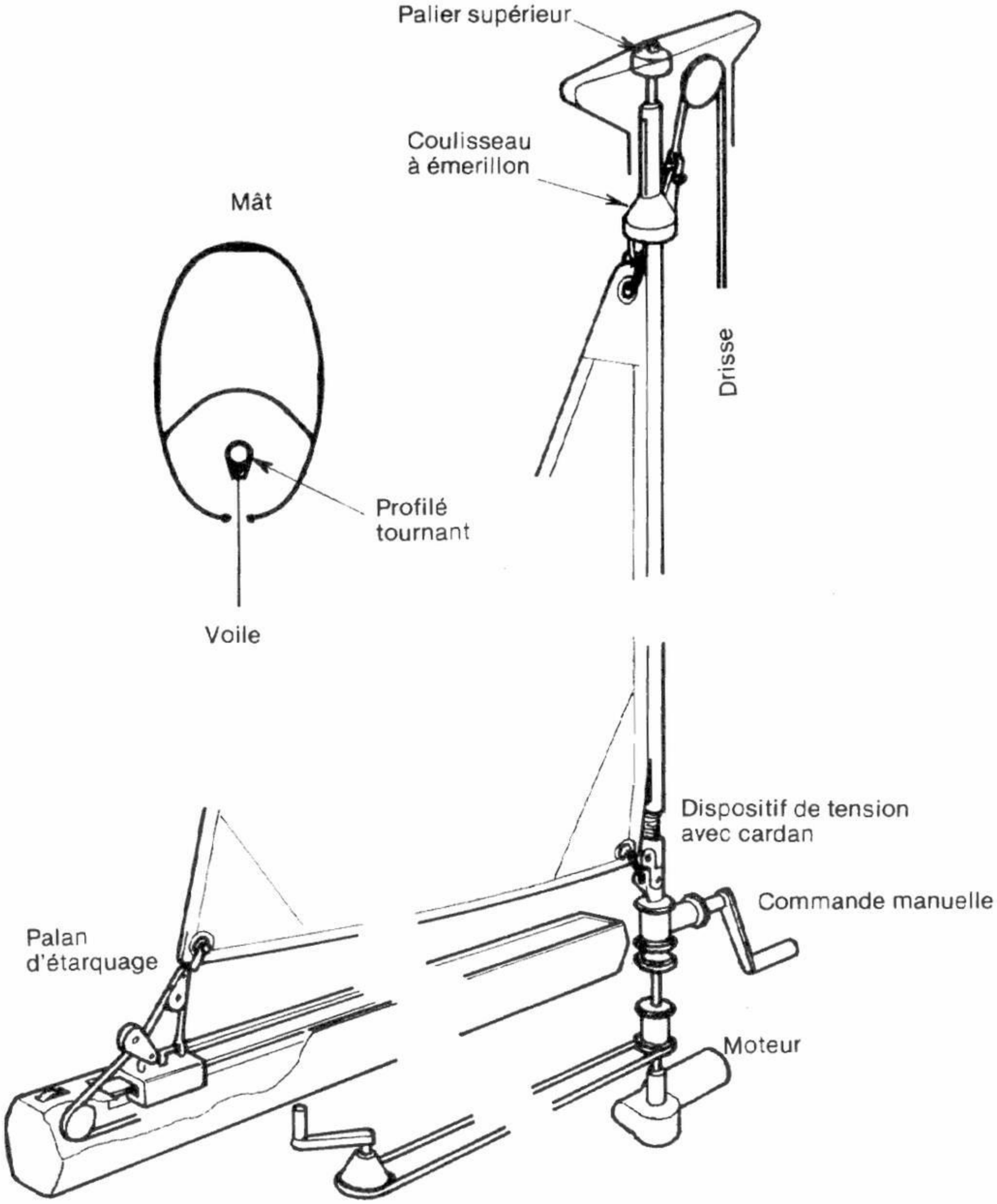


Figure 4-7. — *Enrouleur de grand-voile dans le mât Hood.*

La drisse est amarée sur un coulisseau à émerillon glissant sur le profilé comme sur certains enrouleurs de foc. Il est possible ainsi de régler la tension du guindant.

Pour que l'enroulement se fasse le mieux possible, il est préférable d'amarrer les points d'écoute et de drisse avec une ligature plutôt qu'une manille.

Il est possible d'adapter un système d'enrouleur sur un mât existant à partir d'un matériel destiné aux focs, à condition de le fixer extérieurement, sur l'arrière du mât. Ceci a cependant plusieurs inconvénients.

Tout d'abord, l'espace entre le profilé d'enroulement et le mât est très néfaste au rendement aérodynamique de la voile ; d'autre part, sous l'effort, le profilé va se cintrer comme un étai et, pour réduire ce cintrage, il sera nécessaire de lui appliquer une tension très importante ce qui n'est guère favorable au bon fonctionnement du mécanisme et nécessitera l'installation de points de fixation très solides en tête et au niveau de la bôme. Le vit de mulet de celle-ci devra, par ailleurs, être reculé en arrière du dispositif, sa fixation venant en général se prendre sur la platine portant le palier inférieur de l'enrouleur.

Ces points sont importants à connaître si l'on décide d'adopter un système à enrouleur sur un mât existant (à condition que celui-ci puisse supporter la compression supplémentaire) car cela augmente de façon importante le coût de l'opération.

Le système intégré au mât ne reviendra pas plus cher s'il est prévu dès la construction du bateau et ne présentera pas ces inconvénients puisque le voile prend appui sur la lèvre du mât et qu'il n'est donc pas nécessaire d'exercer une forte tension sur le profilé.

Dans les deux cas, la grand-voile est spéciale puisqu'elle ne comporte ni têtière ni lattes. Du fait de l'absence de celles-ci la chute sera creuse et munie d'un nerf de chute.

La coupe de ces voiles à bordure libre est très spéciale et demande une expérience certaine que peu de voiliers français ont pu acquérir pour l'instant.

Dans le cas d'une voile enroulée dans le mât, la partie du point d'écoute restant à l'extérieur sera protégée du soleil par des renforts en tissu spécial, alors que sur les voiles pour enrouleurs extérieurs il faudra prévoir une bande de tissu spécial sur la face externe de la chute et de la bordure, comme pour un foc à enrouleur.

La manœuvre commence en larguant l'écoute, éventuellement en étarquant la balancine, puis en étarquant bien la drisse.

L'enroulement se fait en larguant progressivement le palan de point d'écoute qui doit toujours maintenir une certaine tension sur

la voile pour que celle-ci s'enroule bien serrée. On reborde ensuite le palan de point d'écoute puis l'écoute.

Un dispositif de verrouillage est prévu pour éviter que la voile se déroule au mouillage.

Un mât à enrouleur doit rester aussi rectiligne que possible et le gréement doit être conçu et réglé en conséquence. Pas de mât souple, ni de gréement 7/8 !

Ce dispositif, s'il est prévu d'origine et que l'on accepte un certain supplément de prix est particulièrement bien adapté à la navigation de croisière en équipage réduit.

Points d'amure réglables

Ils sont souvent appelés *cunningham holes* du nom du barreur du 12 m J.I. *Columbia* qui en fut, dit-on, l'inventeur.

Sur beaucoup de séries la dimension maximum du guindant et de la bordure est fixée par des marques peintes sur le mât et la bôme. La voile étarquée à fond ne peut dépasser ces marques. Par petit temps, les ralingues détendues, la voile se trouve alors nettement en deçà des marques ce qui correspond à une perte de surface.
une perte de surface.

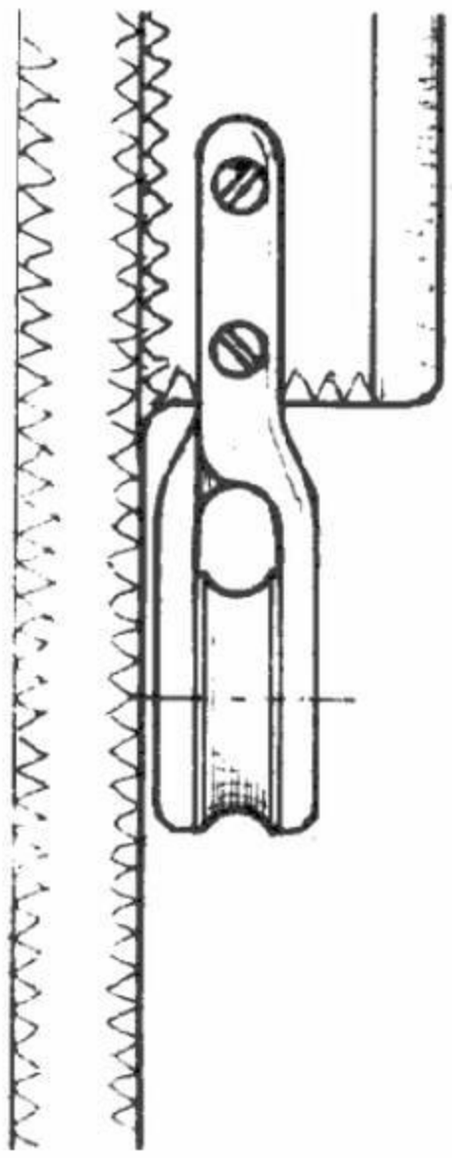


Figure 4-8 — *Poulie de point d'amure réglabe de dériveur montée directement sur la sangle de ralingue.*

Il est cependant possible de remédier à cela en coupant la voile à la surface maximum, ralingues détendues, et en étarquant, non plus, par le point d'écoute et la drisse, mais par deux points d'amure situés en retrait du mât et de la bôme. Ceci a par ailleurs d'autres avantages sur le réglage de la forme de la voile, que nous verrons plus loin.

A l'origine, un seul point d'amure supplémentaire était prévu pour l'étarquage du guindant et cela reste encore valable pour les voiliers de croisière. La distance entre le point d'amure fictif et les points d'amure réglables varie de 15 cm pour un dériveur à 30 cm pour un voilier de croisière sur le guindant et de 10 à 15 cm sur la bordure.

Sur les voiles de dériveurs et de petits croiseurs, sur lesquelles on ne conserve guère que le réglage du guindant la sangle de ralingue de celui-ci est interrompue à la hauteur voulue et pourvue d'une petite poulie qui fournit ainsi un palan de rapport 2 permettant un réglage plus facile et plus précis (*fig. 4-8*).

Dans tous les cas, si un ris de fond est prévu pour reprendre le surplus de tissu, il sera dirigé vers le point d'amure de guindant.

Rabans de ferlage

Sur les voiliers de croisière on conserve souvent la grand-voile à poste sur la bôme en la ferlant (voir chapitre V - la manière de ferler une voile). Pour la maintenir en place, on utilise soit des rabans en cordage, ou mieux en sangle, soit des petits sandows. Mais il existe une méthode plus élégante et efficace (*fig. 4-9*).

On prépare un sandow de 6 mm environ de diamètre (sandow spécial avec couverture Nylon ou polyester) dont on relie les deux brins tous les 60 cm par une ligature. Entre chaque ligature, on fixe un petit S en laiton nickelé ou en acier inox sur un des brins du sandow. Aux deux extrémités libres, on fait un œil sur un des brins et on fixe un crochet sur l'autre.

La boucle du sandow étant accrochée sur l'arrière de la bôme, il est tendu légèrement sous celle-ci et refermé sur le point d'amure. Il ne reste plus qu'à accrocher sur le dessus de la voile les deux brins du sandow par les crochets en S. Il faudra peut-être quelques tâtonnements avant de trouver la bonne longueur.

On peut également laisser les sandows à poste sur les côtés de la bôme en remplaçant les ligatures entre les brins par des pattes de fixation dans les gorges (*fig. 4-10*). Certains profils en alliage léger sont pourvus de ces gorges.

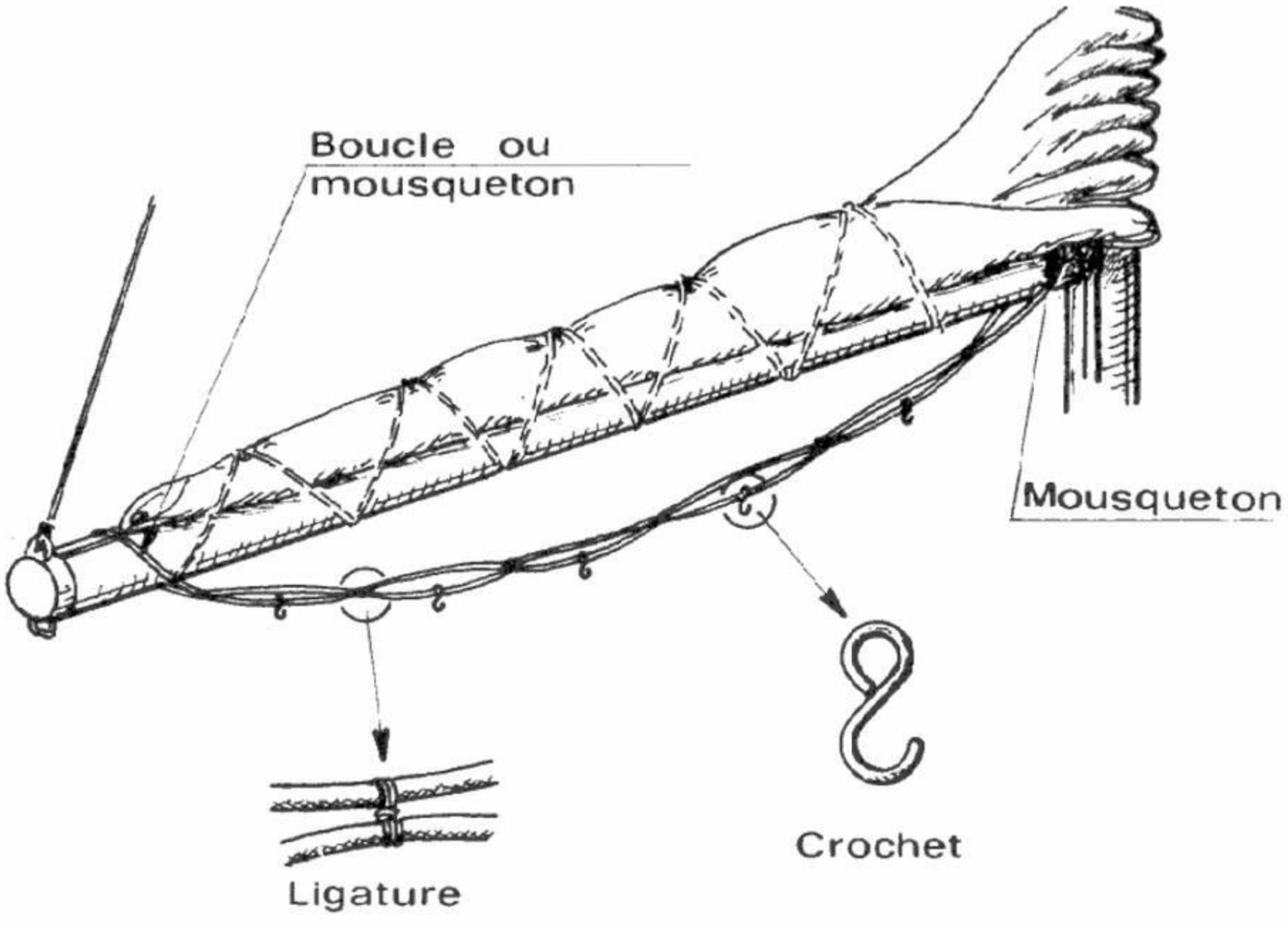


Figure 4-9 — *Sandow de ferlage.*

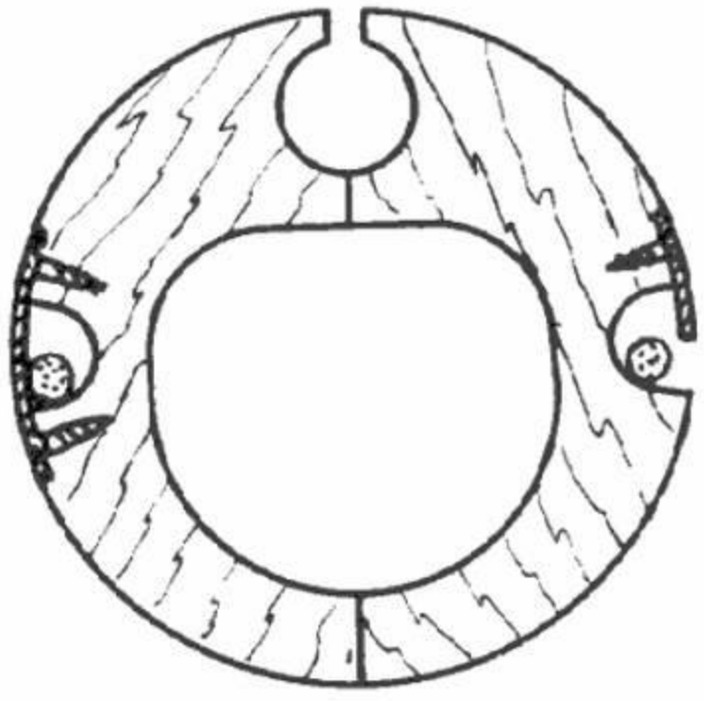


Figure 4-10 — *Section d'une bôme avec sandows de ferlage noyés dans une gorge.*

Il existe encore un autre moyen excellent utilisant une ou deux lignes de Nylon croisées sur le dessus de la bôme et passant alternativement dans des crochets fixés sur les côtés de celle-ci *(fig. 4-11)*. Les crochets proéminents étant dangereux, il est préférable de les remplacer par de petites pattes de métal surplombant des creux ou une gorge ménagée dans la bôme.

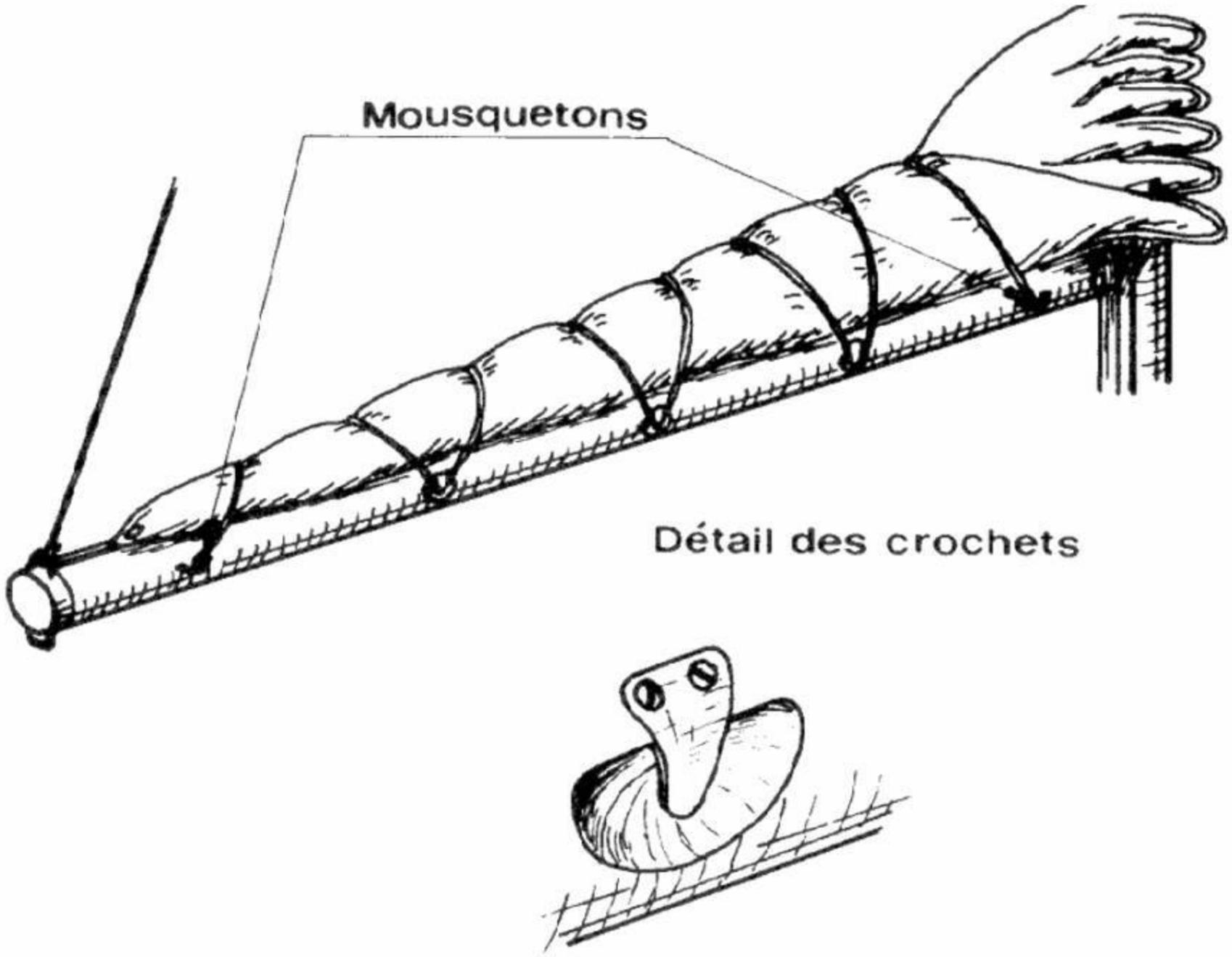


Figure 4-11 — *Crochets pour ferlage continu.*

Taud

Lorsque la voile doit rester longtemps dehors, il est bon de la protéger de la pluie et du soleil par un taud.

Il sera réalisé en Nylon solide, mais suffisamment aéré pour que l'humidité ne puisse y rester prisonnière.

Il est composé de deux morceaux symétriques découpés en forme et réunis par une couture sur la partie supérieure. La partie inférieure ainsi que la partie avant sont fermées par des fermetures à glissière en Nylon. De plus, la partie entourant le mât est serrée par deux colliers rapportés en haut et en bas et fermés par un morceau de bande Velcro (*fig. 4-12*).

Pour améliorer la ventilation on peut remplacer la fermeture à glissière le long de la bôme par un transfilage passant d'un côté dans des œillets et venant se prendre de l'autre côté sur des crochets.

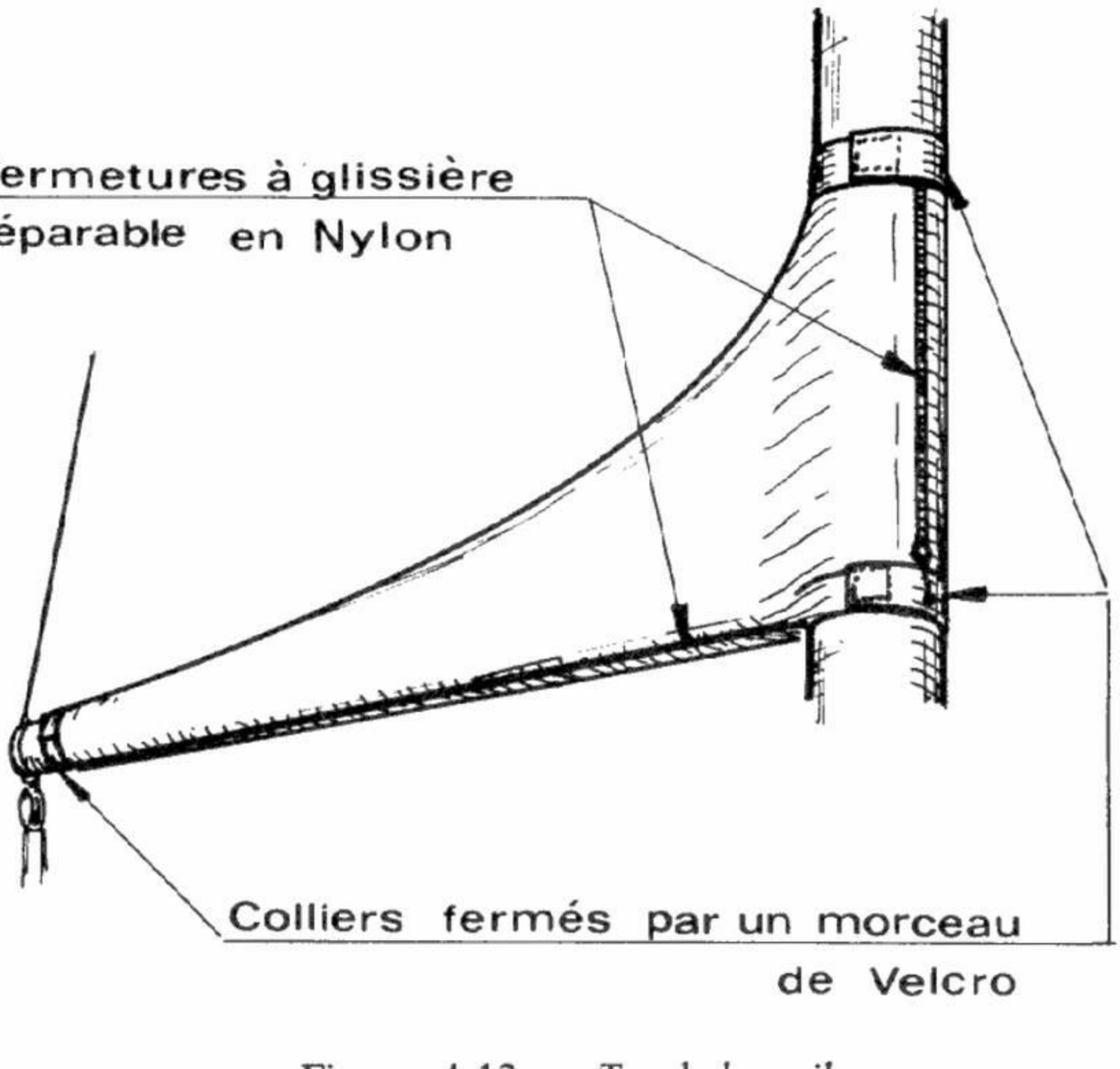


Figure 4-12 — *Taud de voile.*

Le taud de voile ne doit jamais serrer celle-ci mais lui laisser suffisamment de place pour que l'air puisse circuler. En revanche il est indispensable qu'il soit fermé sur le mât sinon la pluie (généralement chargée de suie dans les ports) ne demanderait qu'à pénétrer.

LES VOILES D'AVANT

En dehors des petites lattes prisonnières analogues à celles des grand-voiles, les seules accessoires des voiles d'avant sont les mousquetons.

Mousquetons

On en fait de toutes les formes et de tous les matériaux. La *figure 4-13* en donne quelques exemples.

Le type (a), en Nylon, n'est valable que pour les petits dériveurs. Il est fixé sur la voile par une vis piquée directement dans la gaine du guindant. On l'emboîte sur l'étai en le tournant de 90°. Il a souvent l'ennui, si le diamètre de l'étai ne correspond pas exactement à ce qui est prévu, de se défaire ou de se coincer lorsqu'on hisse la voile. Un autre modèle en bronze d'aluminium comporte une épingle en fil d'acier à ressort.

Le système (b) en bronze ou alliage léger est plus classique. Il comporte un piston commandé par un bouton placé à l'arrière ou sur le côté. Mais je me demande encore pourquoi les fabricants s'obstinent à prévoir leur fixation par une ligature qui s'use rapidement et qu'il faut continuellement refaire. J'ai personnellement toujours utilisé des mousquetons Sautet qui se fixent par une vis passant dans un œillet-cosse posé sur la gaine (c). Il existe un modèle analogue à ressort en alliage léger fabriqué par Goïot. Ces modèles suppriment toute sujétion concernant la fixation mais ils n'existent malheureusement pas en grand modèle.

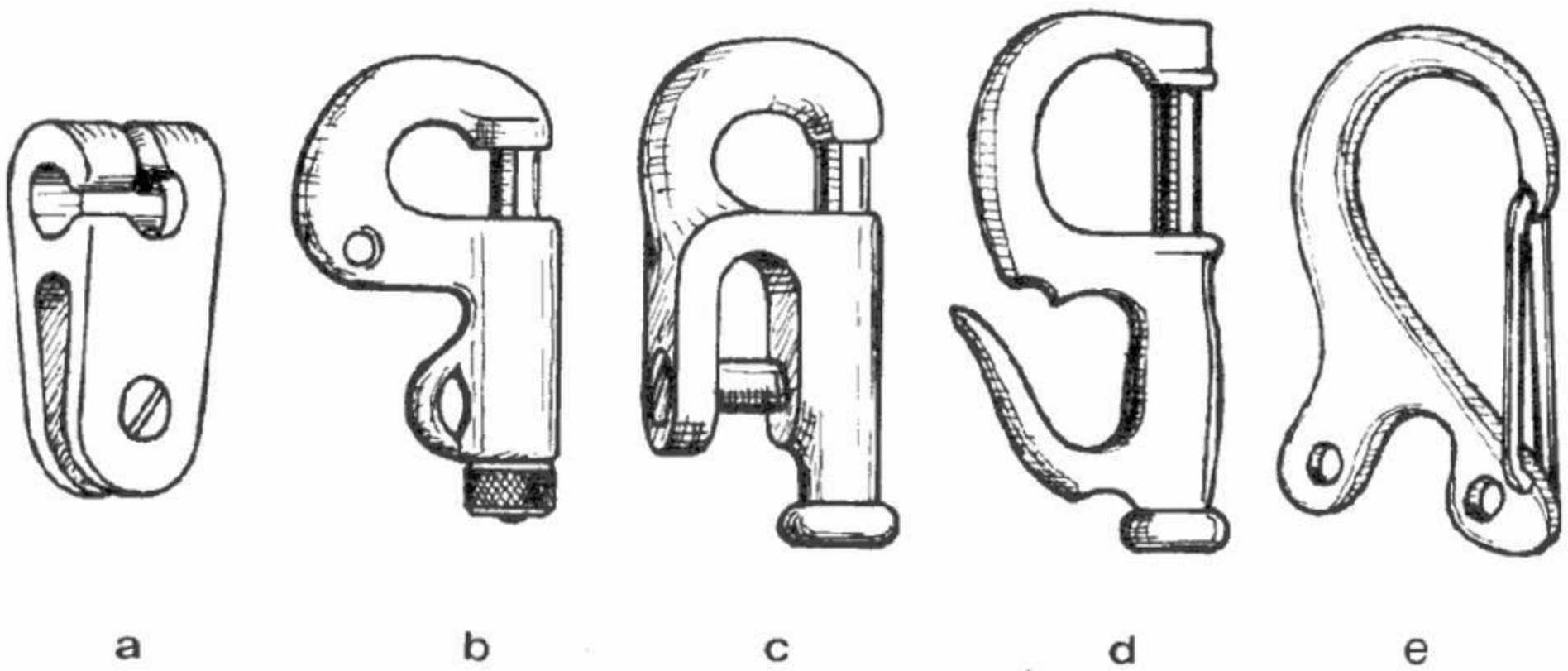


Figure 4-13 — *Mousquetons de foc :*
a) en Nylon pour dériveur ;
b) en alliage léger ou bronze, fixation par ligature ;
c) en bronze, fixation par vis ;
d) en bronze, à sertir ;
e) en acier inoxydable (Wichard).

Deux nouveaux types de mousquetons ont fait leur apparition ces dernières années. Le premier, en bronze comporte une fixation « à sertir », c'est-à-dire qu'il est pourvu d'une patte qui une fois passée dans l'œillet est rabattue au marteau et coincée derrière une légère bosse (d). Sur certains modèles le piston est commandé par un arceau qui permet théoriquement de le manœuvrer d'une seule main.

Le second en acier inoxydable est extrêment simple, sans mécanisme donc très fiable (e). Il existe en trois tailles 45, 60 et 80, les deux premières en montage à sertir, les deux dernières en montage à coudre.

L'emplacement des mousquetons sur la voile est très important; il est indispensable qu'il y en est un aussi près que possible du point de drisse et du point d'amure, sauf si ce dernier est fixé directement sur la ferrure d'étrave. Leur espacement varie de 0,80 m à 1,20 m pour des guindants de 4 à 20 m.

Sur les génois légers, l'écart pourra être augmenté de 30 % et il n'est pas nécessaire d'en prévoir sur les drifters.

L'œillet servant à la fixation des mousquetons sera toujours monté sur une patte de cuir pour protéger la gaine de la ralingue du frottement.

Le meilleur matériau pour fixer un mousqueton cousu est sans aucun doute le lacet de cuir bien graissé. Faute de cela on prendra du cordonnet de Nylon tressé et suiffé.

Pantoires

Sur les bateaux équipés d'un winch (et non d'un enrouleur) sur lequel s'enroule l'extrémité de l'itague en acier, il faut que celle-ci arrive toujours à peu près au même endroit. Il est donc nécessaire de prévoir au point de drisse et au point d'amure une pantoire en câble de même diamètre que celui de la ralingue de façon que la longueur totale corresponde toujours à celle du guindant le plus long.

Profils d'étai

L'idée d'envoyer les focs sur un espar en bois pourvu d'une gorge comme un mât n'est pas spécialement nouvelle et a toujours été plus ou moins liée au dessein d'utiliser l'ensemble pour réduire la surface des focs par enroulement. Du baton de foc des Chats sur

lequel le foc était transfilé jusqu'au rouleau profilé de Jacques Lebrun destiné à reprendre le creux de la voile en passant par le mâtereau des Pacifics arcachonnais et les essais d'A. Mauric, les Français avaient fait preuve de beaucoup d'innovations dans ce domaine.

C'est pourtant lorsque Ted Hood remplaça sur les 12 m. J.I. la barre ronde des étais par un profil en C au nom évocateur de Sea Stay que l'envergage des focs revint à la mode.

Stearn Sailing System commença par remplacer l'étai à simple gorge en acier inoxydable par un profilé à double gorge en alliage léger le *Twin-Stay* (*fig. 4-14 a*). Equipé à chacune de ses extrémités d'un émerillon à roulement à billes, et la drisse étant reliée à un coulisseau également pourvu d'une couronne à billes, l'ensemble baptisé *Dynafurl* permet le changement de foc et l'enroulement (*fig. 4-19 e*).

Afin d'éliminer l'inconvénient des deux gorges opposées qui ne permettaient pas le changement des focs « l'un dans l'autre » et faisaient reposer la tenue du mât sur un profilé en alliage léger, Hood répondait en créant le *Gemini Stay (fig. 4-14 b)*, profilé en alliage léger en deux éléments s'emboîtant sur un étai normal (en câble ou en barre) et comportant deux gorges accolées sur la face arrière.

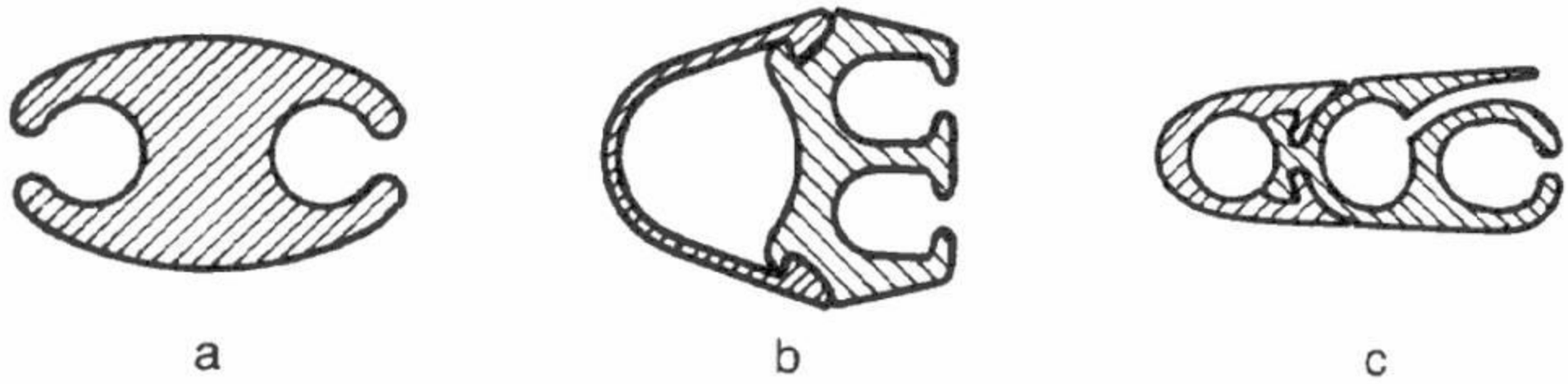


Figure 4-14 — *Trois types de profilés d'étai :*
a) *Stearn Twin Stay* remplace l'étai ;
b) *Hood gemini Foil* et
c) *Head Foil 2* enfilés sur l'étai normal.

A partir de là on vit croître une multitude de profilés de formes et de matériaux divers, d'une pièce ou constitués d'éléments juxtaposés, à une gorge avec magasin récepteur permettant de changer rapidement de voile *(Jibswitch)*, ou à deux gorges opposées ou tournées vers l'arrière.

Nous ne reviendrons pas ici sur l'intérêt et les qualités aérodyna-

miques de ces profils. On se reportera au chapitre VI du tome I de l'Architecture du Voilier.

La majorité des fabricants se sont maintenant ralliés aux systèmes à deux gorges tournées vers l'arrière ou à une seule gorge offrant le passage de deux ralingues, qui seuls permettent le changement des focs « l'un dans l'autre » c'est-à-dire qu'il est possible de hisser la nouvelle voile avant de descendre l'autre sans trop d'effort ; les frottements sont en effet importants. Le seul avantage des profils à gorges opposées serait pour le croiseur de pouvoir disposer facilement deux focs en ciseaux (voir plus loin le *Roller Jeni Wings*).

La différence entre l'alliage léger et les matières plastiques utilisées ne se situe pas au niveau du poids, ceux-ci étant généralement équivalents.

L'avantage revient en général à l'alliage léger pour ce qui concerne la résistance à l'arrachement de la ralingue et la finesse des lèvres. En revanche il est beaucoup plus sensible aux coups, en particulier ceux provoqués par le tangon lorsque, au largue, celui-ci vient porter sur l'étai. Enfin il nécessite une lubrification par pulvérisation de silicone, inutile avec le plastique.

Lorsque le profilé est constitué d'éléments juxtaposés, vissés ou simplement emboîtés, on évitera ceux qui sont constitués d'éléments trop courts : 30 à 60 cm, multipliant ainsi les risques d'accrochage de la ralingue par le léger décalage qui ne manque pas de se produire aux raccords.

Certains profilés en plastique peuvent être livrés d'une seule longueur roulée en couronne, sinon des éléments de 2 m de long restent aisément transportables.

Il faut veiller à la qualité du chargeur servant à engager la ralingue dans la gorge. Il doit être suffisamment long et de grand rayon pour éviter tout coincement. La surface interne doit être parfaitement polie et le raccord avec le profil doit être insensible.

On évitera les pièces en alliage léger rilsanisé sous lequel le métal s'oxyde, bourgeonne et fait éclater le revêtement ; en deux à trois ans la pièce doit être changée.

Le chargeur sera placé à une hauteur de 60 à 80 cm au-dessus du pont et un guide flottant est prévu pour éviter que la voile fasse un angle trop fort à son entrée dans le chargeur.

Actuellement il semble que le meilleur profilé soit le Head Foil 2. Réalisé d'une seule longueur en deux éléments de plastique il dispose de deux gorges tournées vers l'arrière mais disposées en tandem et non côte à côte (*fig. 4-14 c*). Il est très léger, a le meilleur

rendement aérodynamique et le chargeur en acier inoxydable est parfaitement conçu et réalisé ; il est vendu par la voilerie Chéret.

Tous ces profils disposent de gorges acceptant des ralingues de diamètre relativement faible (de 4 à 6 mm en général) donc relativement fragiles. La meilleure conception est celle adoptée par Hood qui inclut, dans une gaine enduite de téflon, trois cordages *(fig.4-15)*. Le premier, pris dans le pli correspond au diamètre de la gorge du profil. Le second qui reste au dehors est de diamètre beaucoup plus fort, c'est lui qui passe dans le guide. Le troisième empêche la voile de s'engager dans le guide.

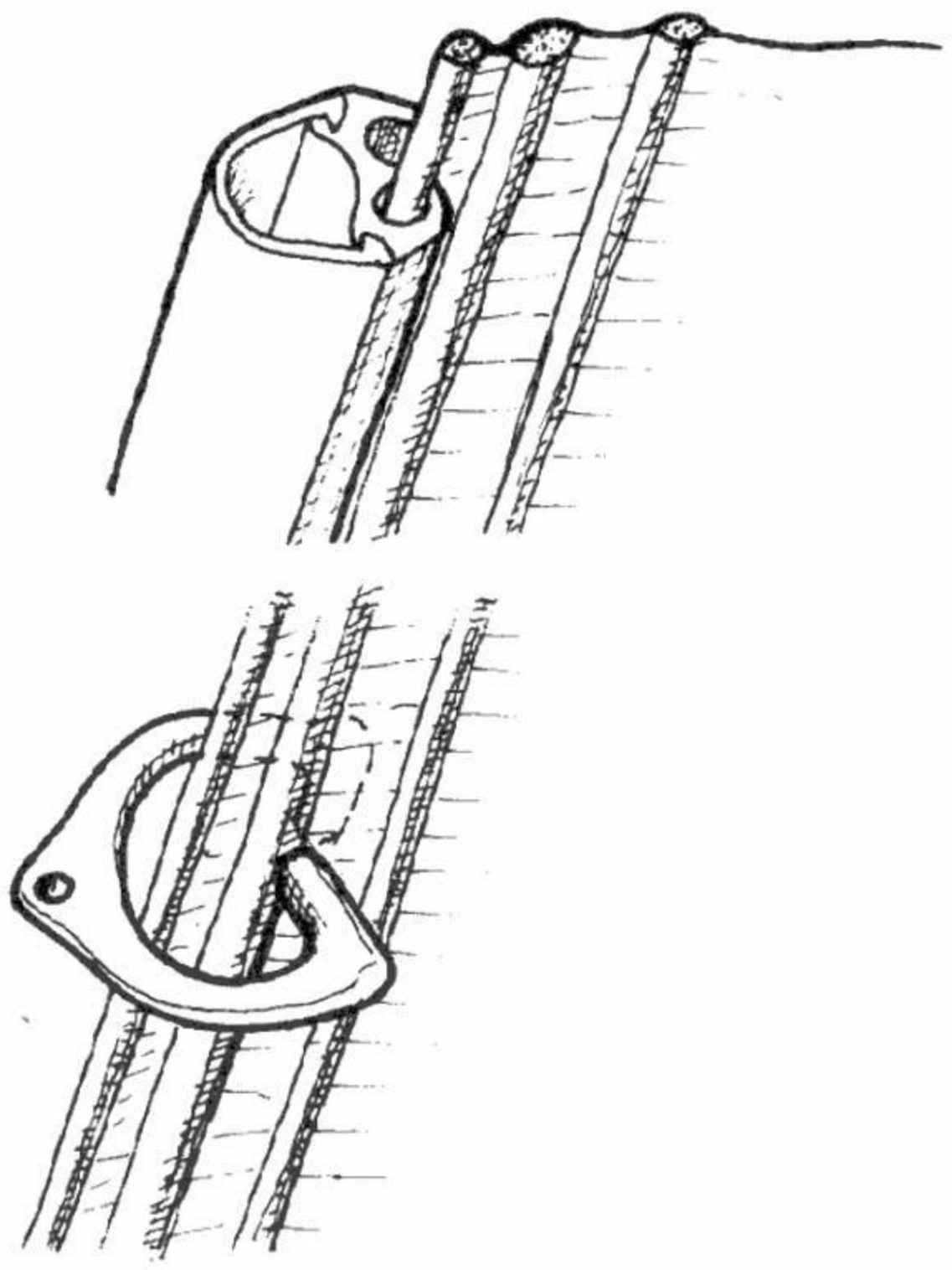


Figure 4-15 — *Ralingue Hood pour profilé d'étai.*

Si ces profilés se sont facilement imposés en course où ils ont apporté une très grande rapidité au changement des voiles et une possibilité de réglage très grande de la tension du guindant (par la drisse ou le Cunningham) ces avantages ne sont guère probants pour le croiseur qui retiendra l'absence de tenue de la voile dès qu'elle est déverguée et la plus grande fragilité de l'ensemble.

Ferlage des focs

Les focs peuvent être ferlés d'avance pour être hissés (surtout les génois légers non endraillés) ou, une fois en place, pour faciliter une manœuvre. Dans le premier cas on utilise des brins de laine qui se cassent en tirant sur l'écoute comme pour les spinnakers. Dans le second cas on peut soit se contenter de rouler le foc en l'amarrant avec un nœud, soit utiliser un dispositif mécanique.

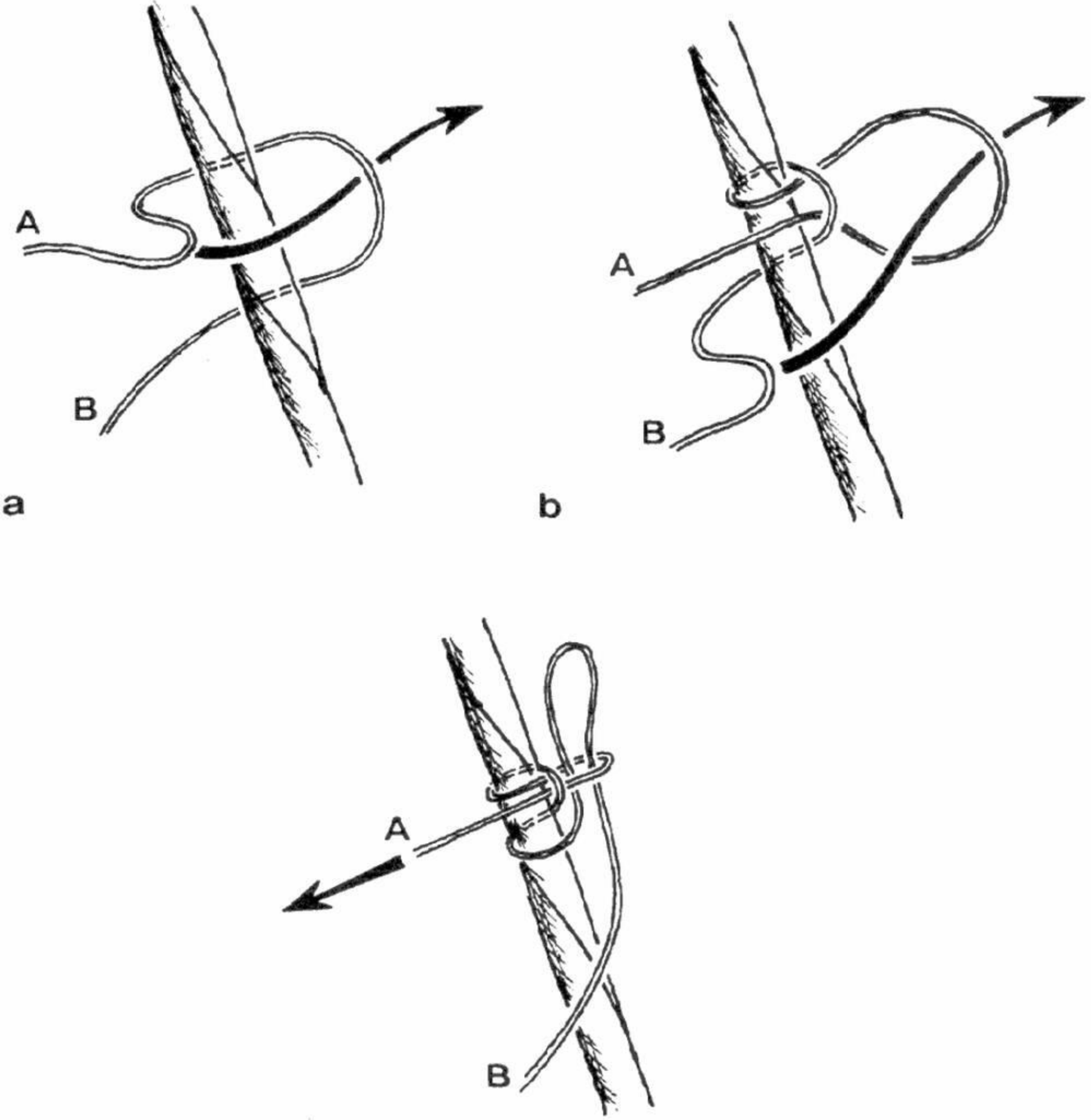


Figure 4-16 — *Nœud pour maintenir un foc ferlé.*

Avant de rouler le foc, il est préférable de le replier sur lui-même en ramenant le point d'écoute sur l'étai ce qui évite de voir les deux écoutes se tortiller l'une autour de l'autre. Pour l'amarrage, le nœud de la *figure 4-16* est particulièrement commode ; on peut utiliser soit l'extrémité de la drisse, soit l'une des écoutes si elle est assez longue.

On passe derrière le foc une boucle de cordage tenue de la main gauche. Passant la main droite à travers cette boucle (a) on attrape le brin A dont on tire une boucle à travers la précédente (b). A travers cette seconde boucle on tire à son tour une boucle du brin B (c). On serre en souquant le brin A. Pour défaire le nœud il suffit de tirer sur le brin B. Si le cordage est assez long on peut faire plusieurs nœuds l'un au-dessous de l'autre en reformant une nouvelle boucle avec le brin B.

En dehors des rouleaux de foc qui ne sont pas destinés au ferlage proprement dit mais plus précisément à la réduction progressive de la surface, il existe deux systèmes mécaniques intéressants.

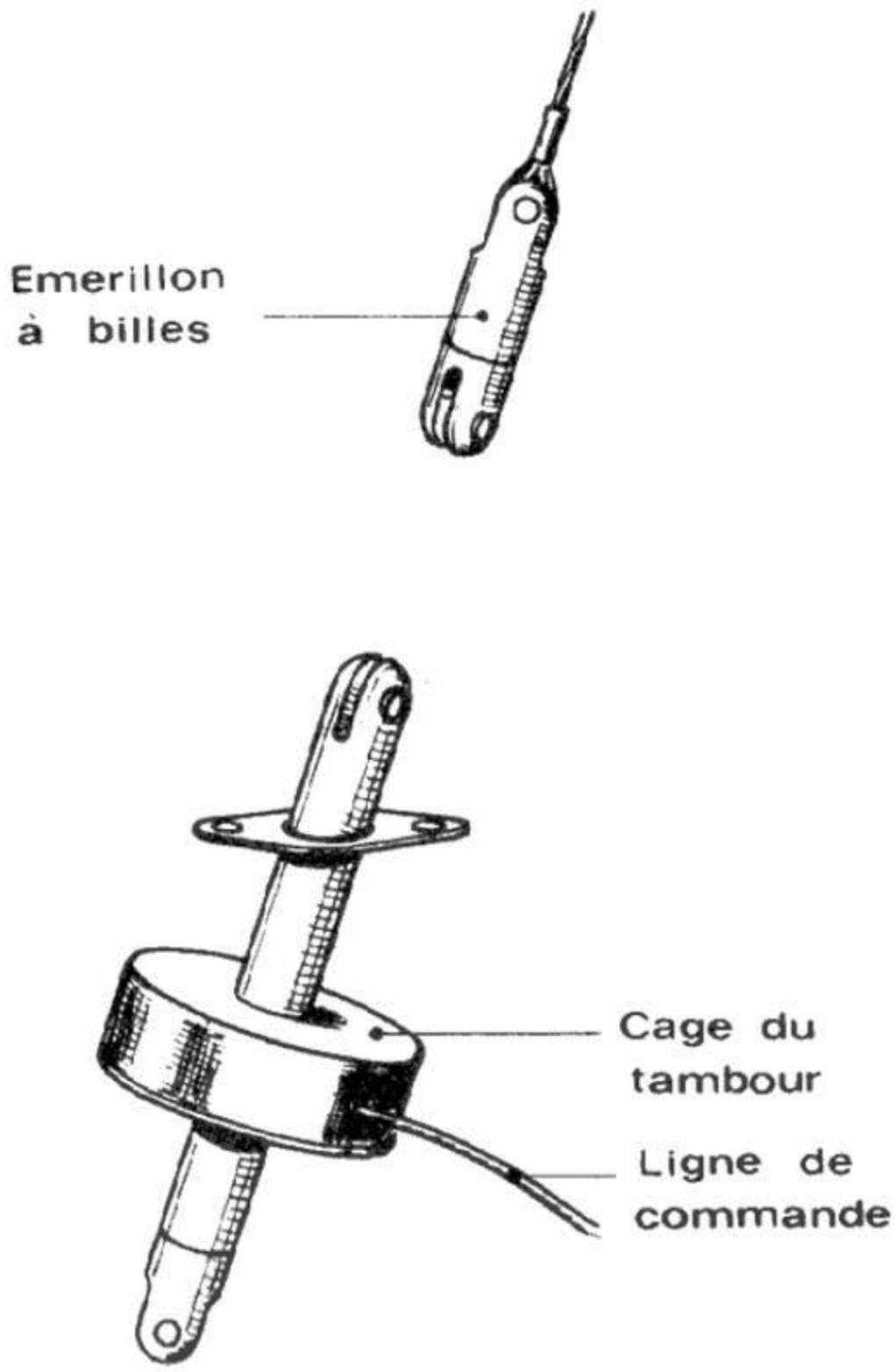


Figure 4-17 — *Dispositif de ferlage de foc pour dériveur.*

Le premier *(fig. 4-17)* est utilisé sur les dériveurs de compétition 505 ou F.D. où les focs ne sont pas endraillés sur l'étai.

Il suffit donc pour ferler le foc de l'enrouler sur lui-même. Pour cela un émerillon à billes est prévu entre la drisse et le foc et celui-ci est amuré directement sur un tambour fixé à la coque par l'intermédiaire d'un autre émerillon à billes. Pour permettre de descendre le point d'amure au ras du pont, l'œil d'amure est constitué par l'extrémité d'un axe traversant le pont, le tambour solidaire de cet axe étant placé en dessous. On peut également remplacer le tambour par une roue à cliquets. Une ligne commande un levier portant le cliquet de manœuvre tandis qu'une autre libère le cliquet de retenue. L'enroulement du foc est plus lent car il faut « pomper » de nombreux coups sur la ligne de commande, mais on évite les risques de mauvais enroulement sur le tambour qui peuvent entraver le déferlage.

Le second *(fig. 4-18)* est utilisé sur les Dragons et il est fabriqué par le grand spécialiste de ce type de bateau, Börresen. L'étai est fixé au capelage du mât par l'intermédiaire d'un émerillon à billes et à la base sur l'une des branches d'une bascule. Le foc est amuré sur l'autre branche de la bascule et sa drisse, passant sur un réa solidaire de l'émerillon de l'étai, revient s'accrocher sur un curseur réglable coulissant dans un rail fixé sur l'axe de la bascule. La chape portant l'articulation de cette bascule est constituée par l'extrémité d'un axe traversant le pont et relié par l'intermédiaire d'un second émerillon à billes à une tige de fixation. L'axe porte un tambour en cage sur lequel s'enroule la ligne de commande. En tirant sur cette ligne tout l'ensemble étai-drisse-bascule-ralingue de foc tourne et le foc vient s'enrouler autour.

L'étarquage du foc se fait d'abord par le réglage du curseur d'accrochage de la drisse puis par la traction des bastaques ou d'un palan fixé sur l'extrémité de la tige inférieure.

Focs à rouleau

Depuis quelques années, aux Etats-Unis d'abord puis chez nous, le système de réduction de surface des focs par enroulement sur l'étai a retrouvé une certaine vogue. Ce système de foc à rouleau, autrefois réservé à de petits voiliers d'eaux intérieures se voit maintenant sur des croiseurs de 12 à 15 m. Les architectes américains Mac Lear et Harris ont même dessiné un sloop de

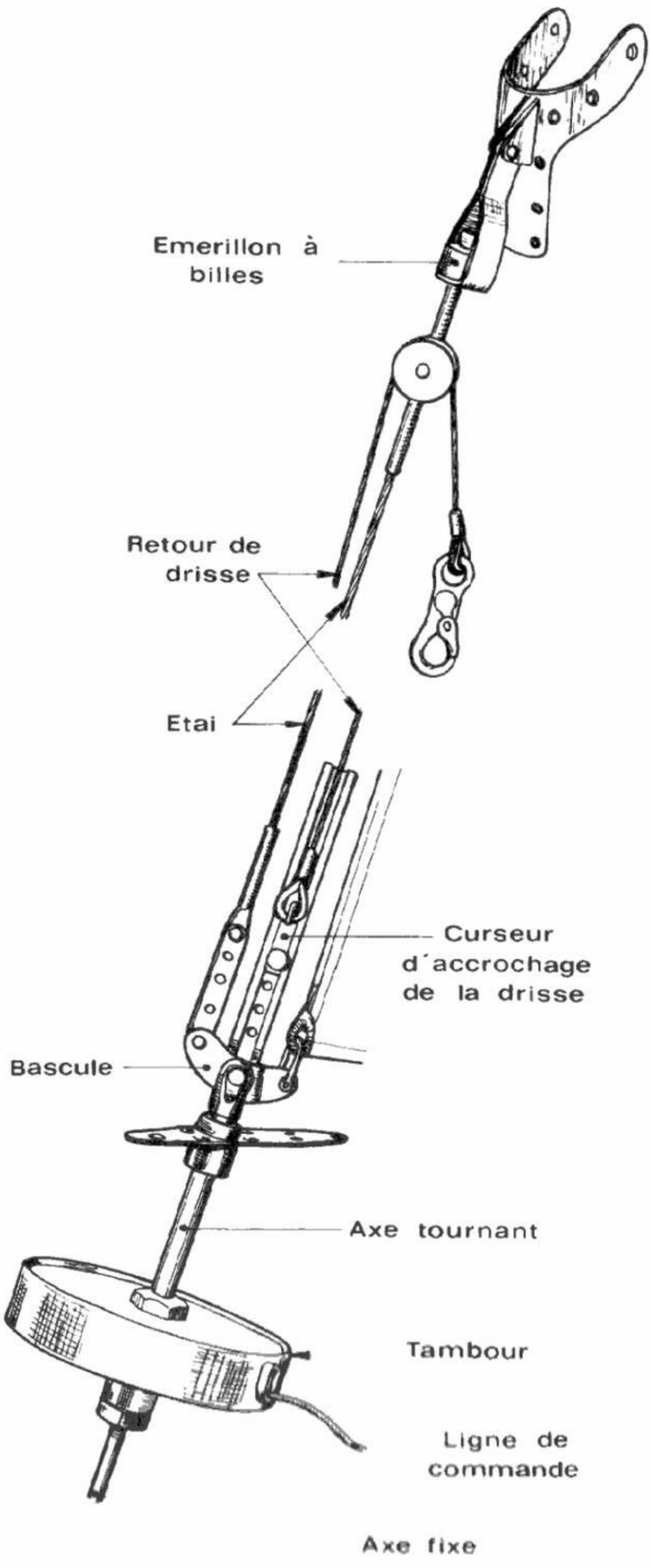


Figure 4.18 *Dispositif de ferlage de foc, type Börresen.*

26,30m, *Aria*, dont toutes les voiles s'enroulent grâce à des enrouleurs électriques.

Le système le plus simple consiste à amurer la ralingue métallique du foc sur un tambour monté sur un mécanisme à roulement à billes, de même que l'émerillon constituant l'articulation supérieure et fixé sur la drisse. Un étai fixe doit précéder le système pour retenir le mât lorsque le foc est descendu *(fig. 4-19 a)*. L'enroulement est assez régulier puisque la voile est étranglée sur sa ralingue, à condition qu'il se fasse dans le sens de torsion du câble.

Le premier perfectionnement consiste à utiliser l'étai, tendu entre le tambour et l'émerillon comme une draille sur laquelle le foc est tenu par des mousquetons. La drisse ne peut plus être fixée directement sur la voile sinon elle s'enroulerait autour de l'étai.

Deux dispositifs permettent d'éviter cet inconvénient. Dans le premier *(fig. 4-19 b)* la drisse passe sur un réa monté sur l'émerillon et redescend s'amarrer sur le tambour par un système d'étarquage à palan ou à levier. L'étarquage peut également s'effectuer par le bas, l'émerillon inférieur étant fixé sur un palan *(fig. 4-19 c)* c'est le système Börresen que nous venons de voir précédemment.

Le second dispositif consiste à relier le point de drisse du foc et sa drisse normale par un coulisseau formant émerillon sur cage à billes *(fig. 4-19 d)*.

Cependant dans tous ces systèmes, les mousquetons servant à endrailler le foc déforment la voile lors de l'enroulement et abîment rapidement la toile. C'est pourquoi on en vient vite à utiliser les profilés.

L'étai à gorge Stearn *Twin Stay* est équipé d'un tambour assurant sa rotation tandis que la drisse est fixée à la voile par l'intermédiaire d'un coulisseau à cage de billes. L'ensemble constitue le système *Dynafurl (fig. 4-19 e)*.

Le fait que l'étai soit constitué d'un profilé en alliage léger n'est pas toujours très rassurant pour l'esprit et les profilés que l'on enfile sur l'étai normal apportent des solutions plus saines.

Le meilleur du genre est sans doute le *Sea Furl* de Hood utilisant un profil à une seule gorge et un curseur à cage de billes avec mécanisme autobloquant le retenant en position haute et permettant de libérer la drisse.

Il faut également citer le *Leifurl* basé sur le même principe d'accrochage du curseur (bien que réalisé différemment) et utilisant un profilé à double gorge opposée permettant d'envoyer deux focs jumelés. Un dispositif d'étarquage par le bas indépendant doit être prévu.

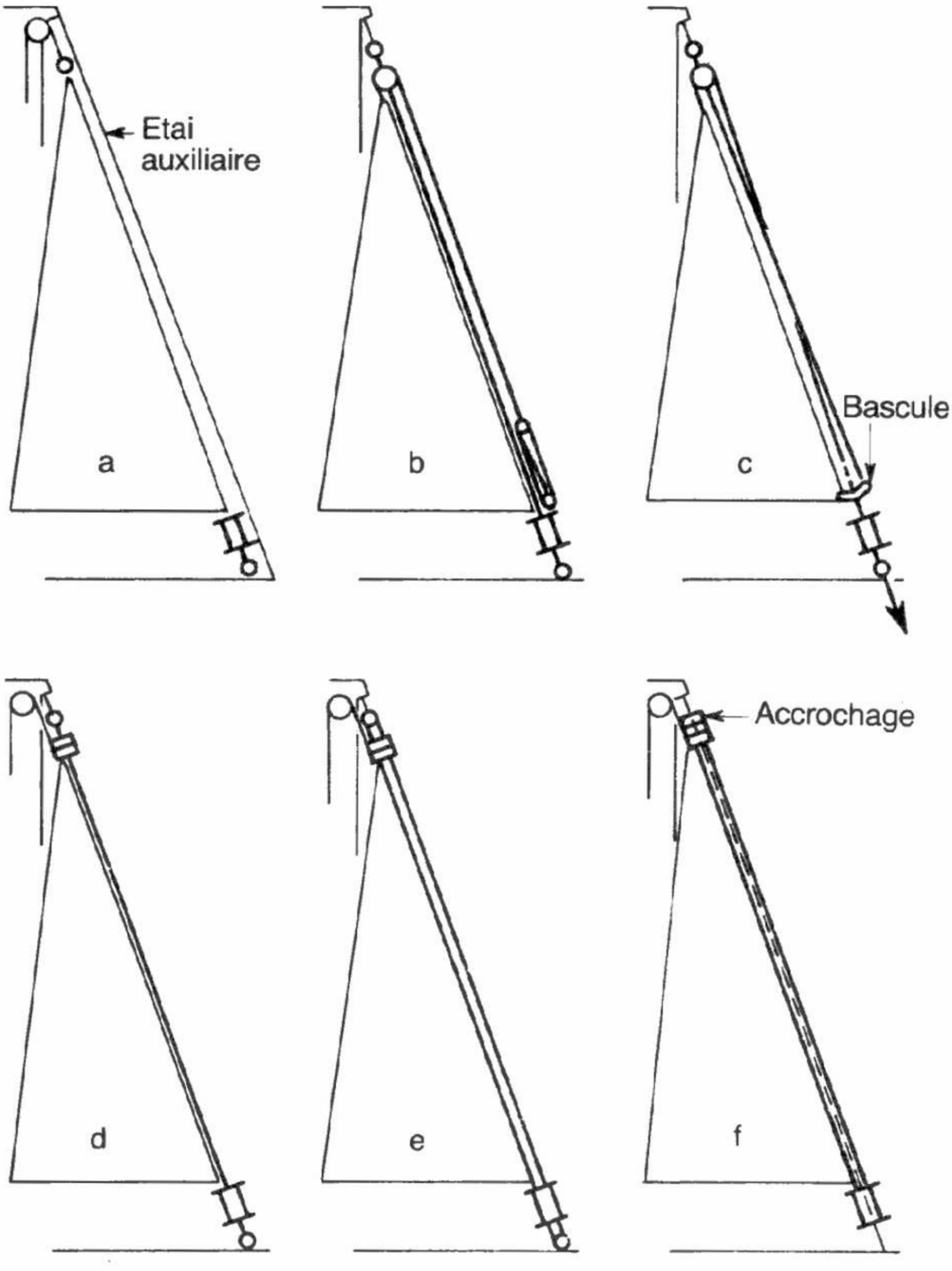


Figure 4-19 — *Différents systèmes de focs à rouleau :*
a) système simple à double émerillon ;
b) système avec retour de drisse *(Rotostay)* ;
c) système *Börresen* ;
d) système avec étai tournant et drisse sur curseur ;
e) *Dynafurl* ;
f) *Hood Sea Furl.*

Ces deux derniers systèmes ont cependant le gros inconvénient de faire supporter au profilé la tension du guindant ; celui-ci ne peut pas être étarqué correctement et le cintrage du profilé sous l'effet de sa compression entraîne un coincement sur l'étai qui freine l'enroulement.

La meilleure solution semble cependant offerte par le nouvel enrouleur Goïot constitué d'un profilé cylindrique à double gorge sur lequel coulisse un curseur à cage de billes fixé à la drisse mais sans blocage. On évite ainsi le défaut principal des systèmes précédents.

Il existe également des systèmes de profilé à enfiler sur l'étai portant en tête un réa de retour pour la drisse qui vient s'amarrer sur un taquet au voisinage du tambour.

Ceci a l'avantage de supprimer le coulisseau mais présente deux inconvénients, à mon avis rédhibitoires. Le premier est de faire suporter au profilé non seulement la traction du guidant, comme pour les systèmes à accrochage du coulisseau, mais en plus celle de la drisse, donc un effort double. Le second réside dans le diamètre du réa, forcément très réduit, qui ne convient absolument pas à une drisse métallique.

La Transat de 1981 n'a pas été très probante pour les enrouleurs de foc, aucun n'a fonctionné au-delà de 40 nœuds de vent et beaucoup bien avant.

Les principales raisons de ces défaillances résident essentiellement dans un sous-échantillonnage des émerillons (certains comportent des roulements à billes en plastique !) alors qu'ils doivent supporter des efforts de plusieurs tonnes.

Pour les petits day-boats on peut utiliser un système extrêmement simple mis au point sur les Maraudeurs qui n'a que l'inconvénient de ne pas permettre de déverguer le foc. Il consiste à munir celui-ci d'une gaine large dans laquelle vient s'enfiler un tube d'alliage léger ou de PVC rigide. Un tambour est fixé à la base et le foc est amarré avec la tension nécessaire aux deux extrémités du tube. Celui-ci, équipé de deux embouts en bois ou en Nylon, est enfilé sur l'étai avant le mâtage *(fig. 4-20)*.

Pour que tous ces systèmes fonctionnent correctement il est nécessaire de prévoir un filoir ou une poulie proche du tambour pour le bout de commande et positionné de telle façon qu'il soit maintenu verticalement dans le plan médian et tangentiellement au tambour. Si un carter ne vient pas recouvrir le tambour on prévoira un simple doigt pour empêcher le bout de s'échapper.

Lorsque le profilé est enfilé sur un câble on veillera à ce que l'enroulement du bout de commande s'effectue en sens contraire du

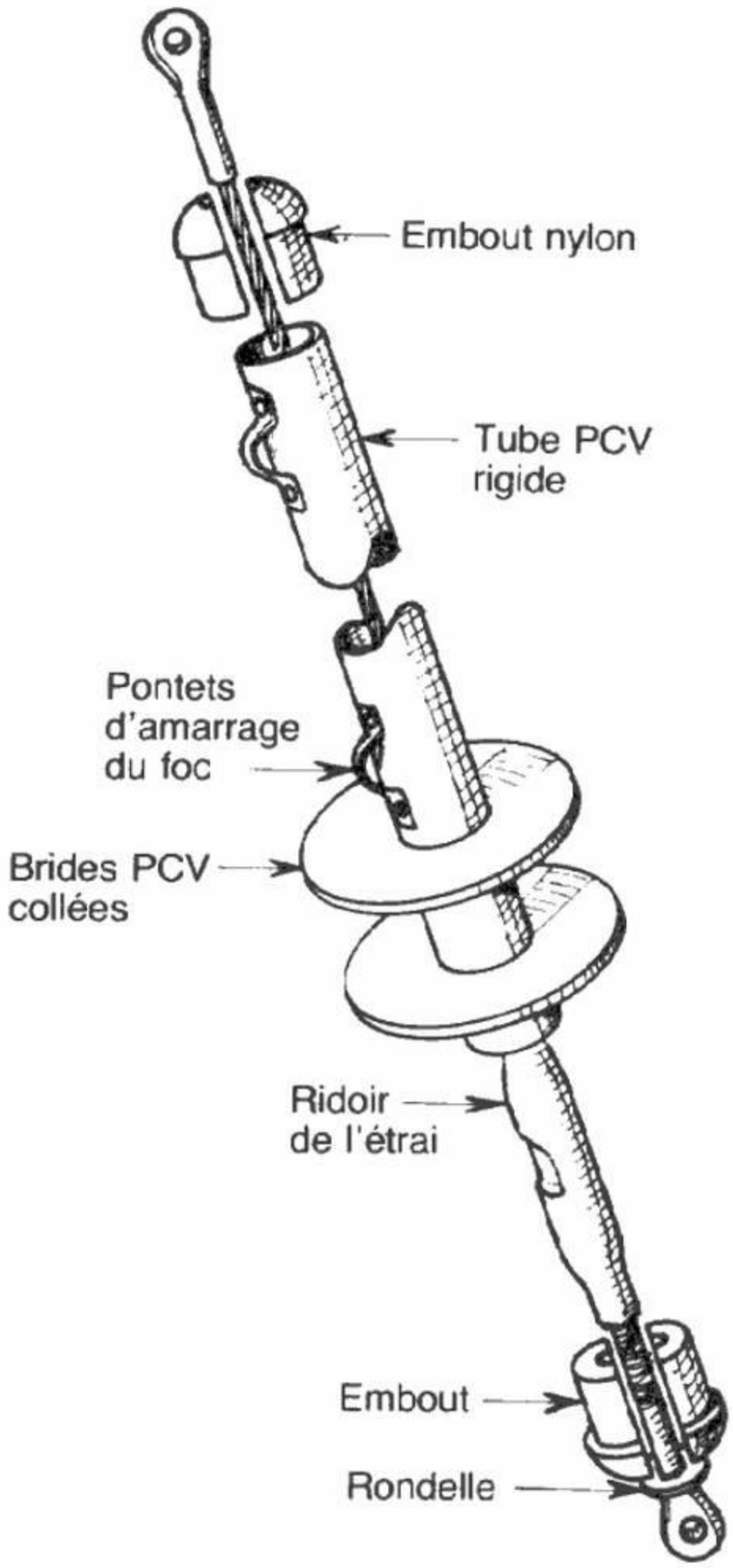


Figure 4-20 — *Foc à rouleau type Maraudeur.*

toronnage. Ainsi avec un câble toronné à gauche (en S) le bout sera enroulé dans le sens des aiguilles d'une montre (sortie à tribord) et *vice versa.*

Dans le cas d'enrouleurs à coulisseau de drisse (type d, e, f), le réa de drisse doit être placé légèrement plus bas que normalement afin qu'en position haute la drisse tire légèrement vers l'arrière (15° environ par rapport à l'étai) empêchant ainsi la partie fixe du coulisseau d'être entraînée lors de l'enroulement. Si le réa ne peut être descendu, on fera passer la drisse par un filoire situé juste en dessous ; mais attention au ragage.

D'autre part, si l'on envisage d'utiliser l'enrouleur comme un

moyen de réduction de voilure, il faut savoir que, par rapport à la traction sur l'écoute, celle sur la bosse de commande est dans le rapport du diamètre du tambour/le diamètre de la voile enroulée. Considérant la démultiplication du winch d'écoute on peut évaluer celle qui sera nécessaire pour assurer un enroulement correct du foc.

On devra avoir Re = Rw où

Re = rapport global de démultiplication de l'enrouleur = R tambour × R winch de manœuvre.

Rw = rapport de démultiplication du winch d'écoute.

Par exemple si le winch d'écoute a un rapport de 40/1, que le diamètre de la voile enroulée atteint 60 mm et que celui du tambour est de 120 mm (R_e = 2/1) la traction sur la bosse sera égale à la moitié de celle sur l'écoute et il lui faudra un winch de rapport 20/1 pour retrouver l'équilibre correct 2/1 × 20/1 = 40/1). Le circuit de la bosse devra donc être aussi rectiligne que possible et ses changements de direction devront être assurés par des poulies et non de simples filoires. Quant à la bosse elle-même son diamètre ne devra pas être inférieur à $\sqrt{R}$ tambour fois celui de l'écoute (0,7 fois dans l'exemple).

A l'intérieur du profilé des paliers de portage sur l'étai doivent être prévus à intervalles suffisamment rapprochés pour qu'en aucun cas ils ne puissent frotter l'un sur l'autre.

Contrairement à ce que veulent faire admettre certains fabricants, il est extrêmement difficile d'obtenir que la voile réduite conserve une forme convenable. Le manque de tension dans la partie constituant le nouveau guindant, la torsion qui se produit au cours de l'enroulement et les plis qui en résultent, font qu'en général la voile devient d'autant plus creuse qu'elle est plus réduite.

Il faudra donc admettre qu'au départ un foc à enrouleur devra être nettement plus plat qu'une voile normale, en particulier dans la partie arrière.

Par ailleurs lors du choix du poids du tissu il faudra tenir compte des contraintes subies par celui-ci lors de l'enroulement et du fait que la surface réduite correspond à peu près à celle d'un foc n° 2.

C'est donc en fonction de cette surface réduite que sera déterminé le poids. Ainsi par exemple si un génois léger de 30 m² est réalisé en tissu de 270 g/m², le même, sur enrouleur, réduit à 13,5 m² comme foc n° 2 devait être en 390 g/m² soit un peu plus que le génois lourd de 30 m². C'est ce dernier poids qu'il faudra prendre. On voit donc qu'un foc à enrouleur ne peut être une voile légère et que, pour le petit temps, il ne dispensera pas de celle-ci.

La coupe à laizes parallèles à la chute avec des poids de tissu dégradés s'applique particulièrement bien au foc pour enrouleur. On

poussera même la logique au point d'utiliser une coupe anglaise inversée c'est-à-dire avec une couture médiane et les laizes parallèles à la chute et à la bordure *(fig. 4-21)*.

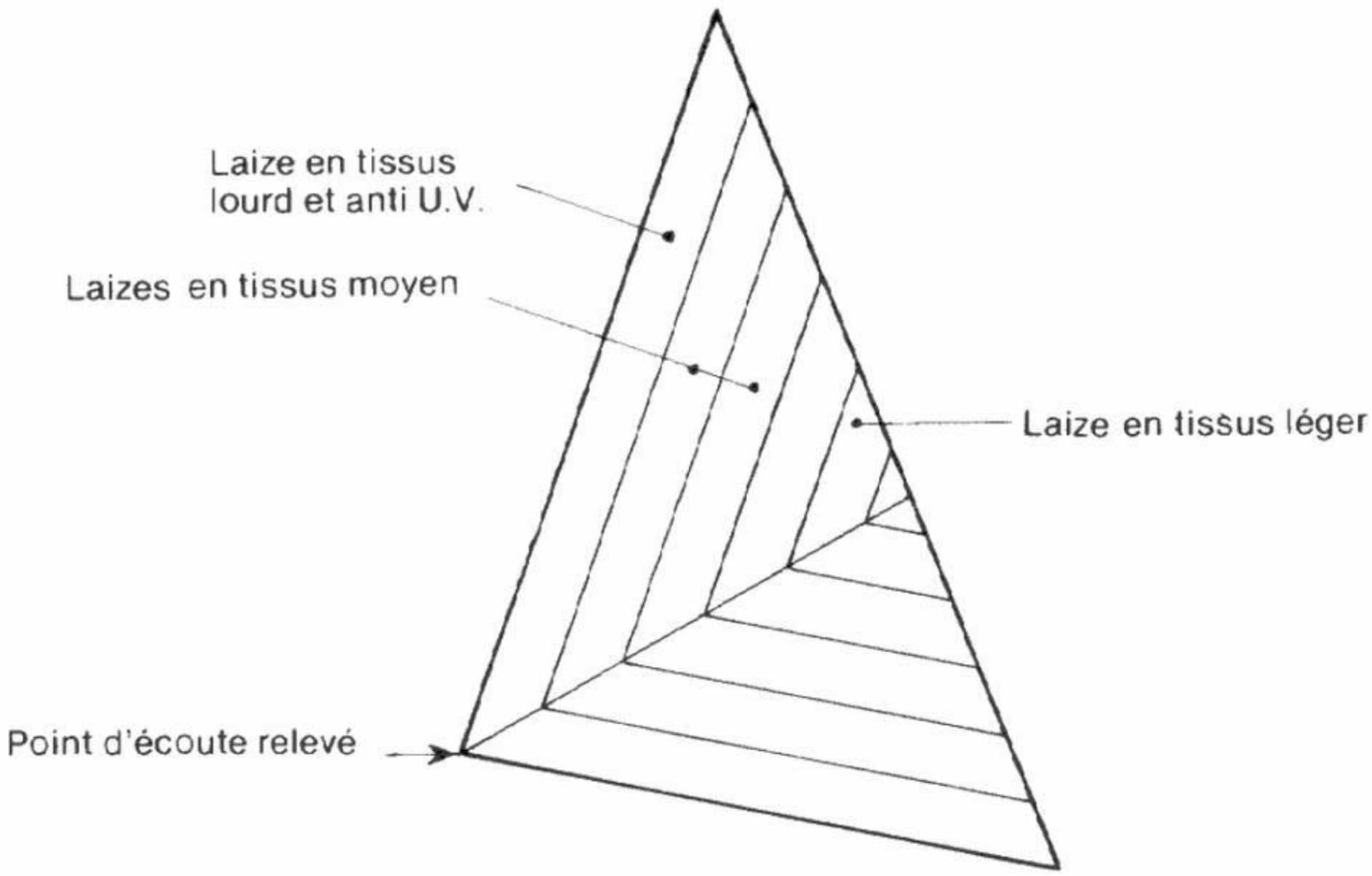


Figure 4-21. — *Coupe de génois avec laizes parallèles à la chute et à la bordure adaptée aux systèmes à enrouleur.*

Le poids du tissu sera ainsi adapté automatiquement à la surface et la dernière laize de chute et de bordure pourra être réalisée en tissu spécial à haute protection contre les ultraviolets ou doublée, sur la face extérieure à l'enroulement, d'un tissu acrylique spécial (Roller-ful de Howe & Bainbridge) pour assurer la protection de la voile lorsqu'elle reste hissée en permanence.

Enfin pour améliorer autant que possible son enroulement et éviter une trop grande variation de la position longitudinale du point de tire, il sera préférable de réduire le rapport chute/bordure et donc d'avoir un point d'écoute relativement haut, ce qui n'est pas une mauvaise chose pour un foc destiné uniquement à la croisière.

A noter une autre utilisation intéressante du principe du rouleau

pour les bateaux de grande croisière. On connaît en effet l'intérêt que présente sur ces bateaux aux allures portantes l'utilisation de trinquettes ou focs jumelés. Un excellent moyen de gréer ceux-ci consiste à les réunir par leur guindant sur le même câble d'acier. On peut ainsi en régler à volonté la surface jusqu'à les effacer complètement. L'ensemble est hissé sur une drisse de foc et amuré aux deux tiers environ de la base du triangle avant. Deux tangons télescopiques permettent de les écarter convenablement *(fig. 4-22)*. Les tangons brassés à un angle de 20-25° vers l'avant peuvent être reliés par les écoutes directement à la barre pour assurer le pilotage automatique.

Figure 4-22 — Le Roller Jeni Wings, *système de double trinquette à rouleau avec tangons télescopiques pour la croisière.*

FENÊTRES

Sur les grand-voiles et focs de voiliers de compétition où la visibilité sous le vent est réduite, on prévoit des fenêtres. De formes rondes ou rectangulaires, elles sont réalisées en chlorure de polyvinyle souple de 5/10 de mm d'épaisseur. L'ouverture est simplement découpée au fer chaud et la fenêtre, plus large de 15 mm sur tout le tour, est cousue par deux rangs de points. Il faut veiller soigneusement à ce que la fenêtre ne provoque pas de distorsion dans la voile.

SACS A VOILES

On attache rarement assez d'importance aux sacs à voiles.

En croisière, il est impossible de plier une voile correctement et on est obligé de la mettre en pocheton directement dans le sac. C'est pourquoi celui-ci doit être large et d'un volume double de celui de la voile. Il sera réalisé en Nylon ou polyester *aéré* et jamais en matériau imperméable *(fig. 4-23)*.

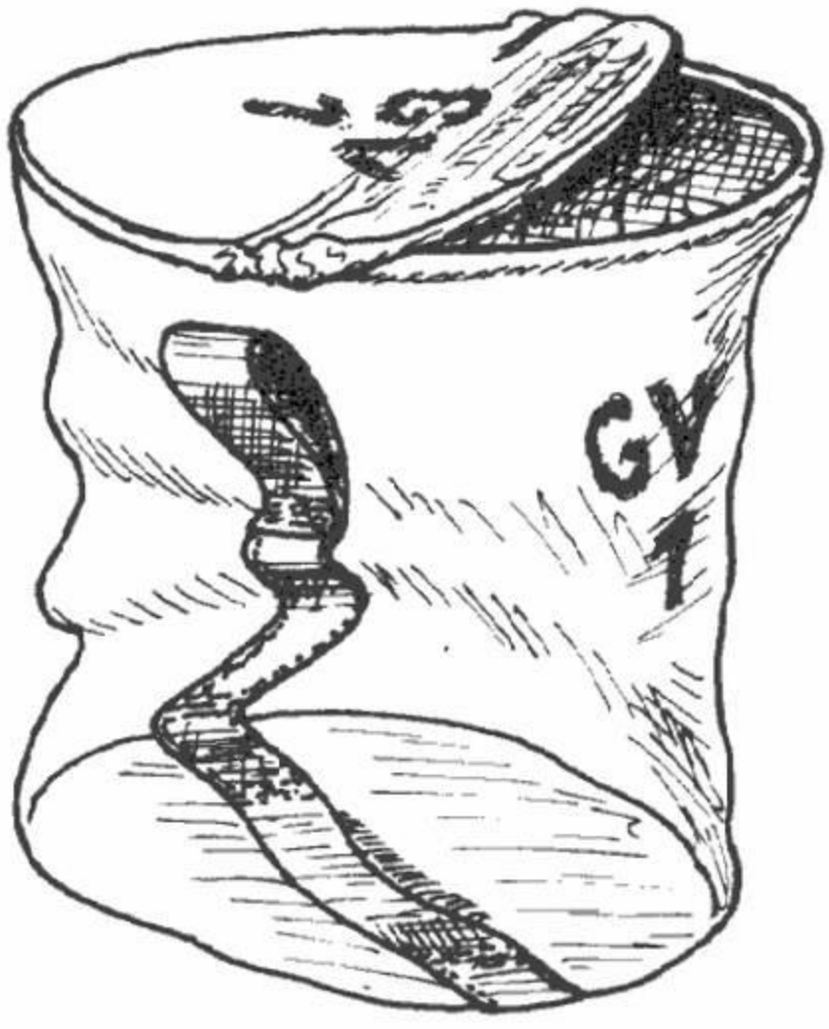


Figure 4-23 — *Sac à voile.*

Une sangle solide en fera le tour par en dessous. Elle formera deux poignées sur les côtés et une poignée en dessous dans laquelle on glissera le pied pour extraire la voile. On peut également fixer un mousqueton pour accrocher le sac sur le pont.

La fermeture peut être assurée simplement par une cordelière passée dans des œillets. Mais un système plus perfectionné consiste à munir l'ouverture du sac d'un cerceau rigide en bois, en métal ou en matière plastique. Il faut faire attention que le diamètre du cerceau soit inférieur à la largeur des capots! Une tape, dans l'ourlet de laquelle est enfilé un sandow, vient coiffer l'ouverture. Elle est cousue au sac sur quelques centimètres.

Sur deux côtés et le dessus, les références de la voile seront imprimées au pochoir en lettres noires. Il est bon de prévoir des couleurs différentes pour les grand-voiles et les différents focs, le repérage en sera facilité.

LES SPINNAKERS

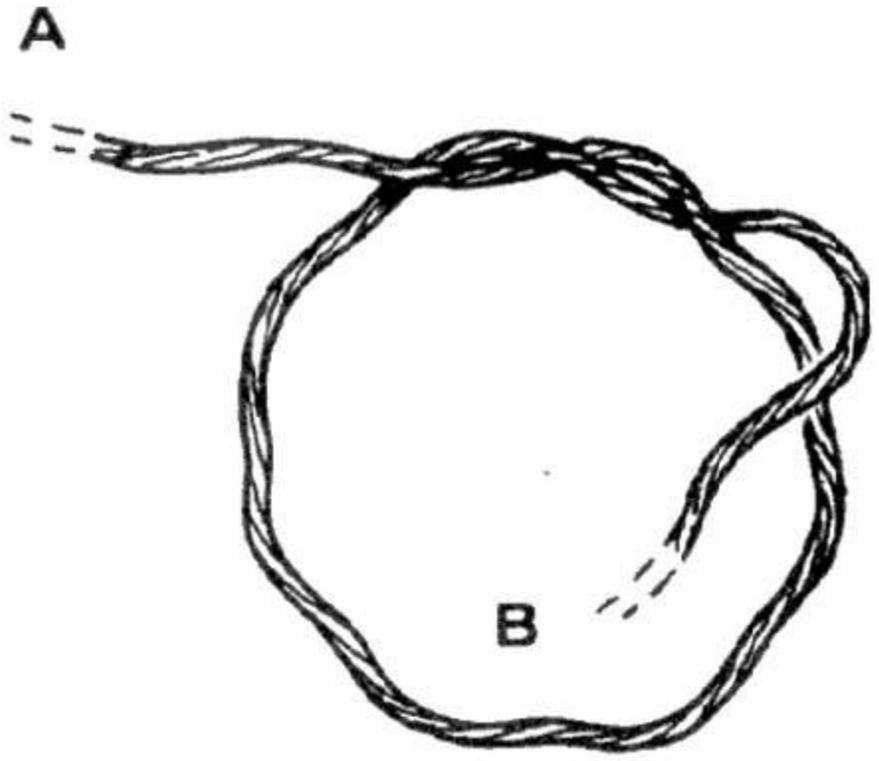
Erseaux

Ils sont nécessaires aux deux points d'écoute des spinnakers pour faciliter l'accrochage des bras à moins que ne soient prévus des anneaux en D. Ce sont des anneaux en câble qui peuvent être réalisés (*fig. 4-24*) en utilisant un toron extérieur d'un câble à 7 brins ayant une longueur égale à 3 fois et demi la circonférence de l'erseau désiré et que l'on recommet en faisant 3 tours successifs. Les deux bouts sont arrêtés par un demi-nœud et une surliure de protection ou noyés sous un manchon Talurit. On peut encore les réaliser plus simplement en manchonnant les deux extrémités l'une sur l'autre ou en soudant un anneau rond en fil d'acier inox.

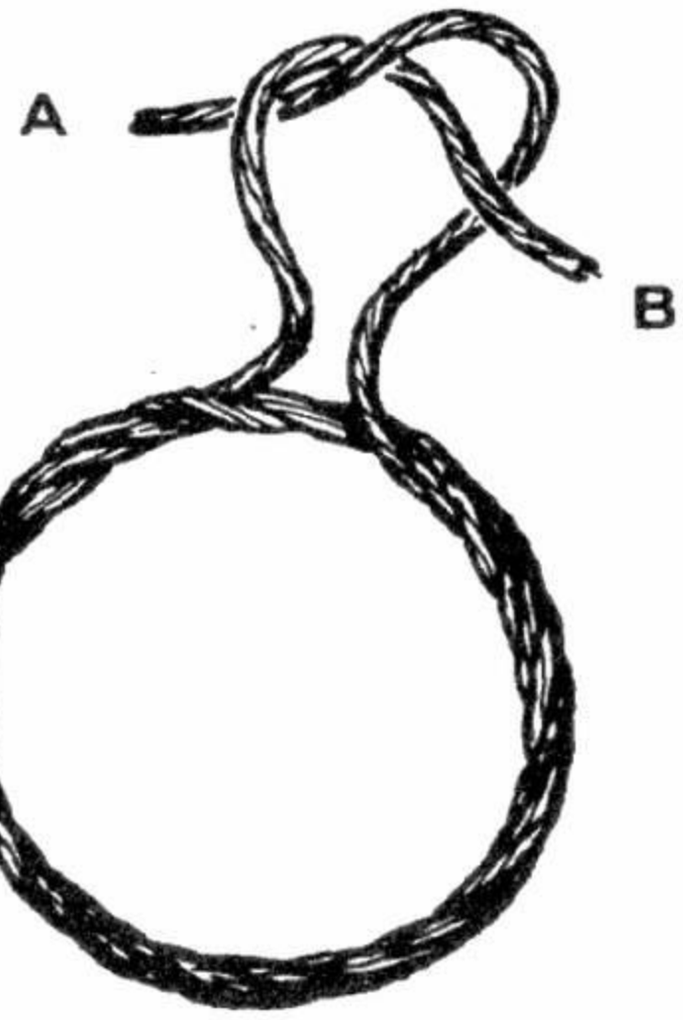
Emerillons

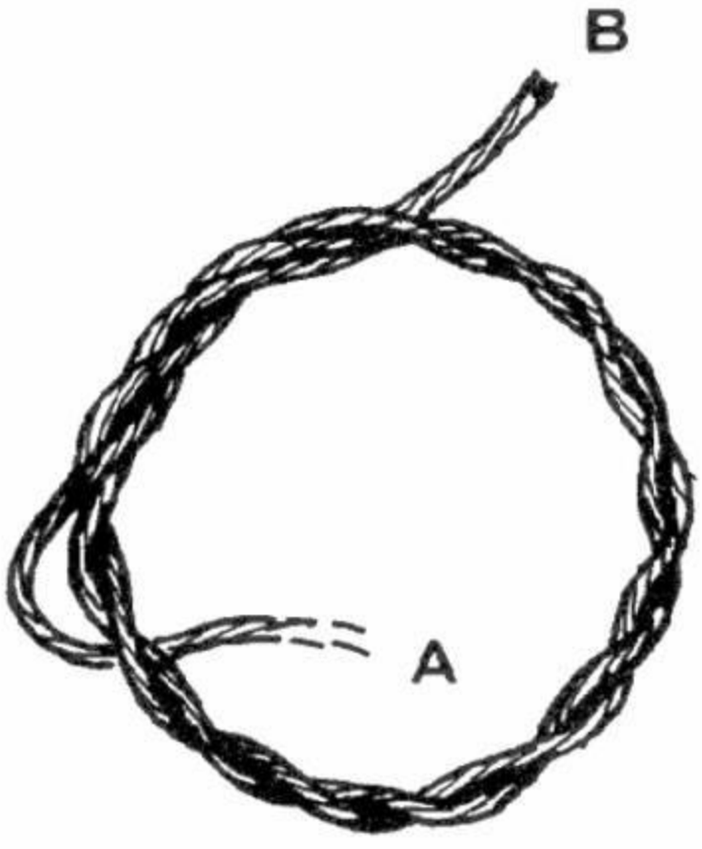
Comme l'œil du point de drisse n'est généralement pas d'un diamètre suffisant pour y passer le mousqueton de la drisse on y fixera un œil à émerillon.

Pour hisser les spinnakers sur les petits bateaux il est commode d'utiliser, plutôt qu'un sac ordinaire (que l'on devra toujours assurer par un bout attaché sur le bateau), un sac plat ou un seau fixés sur le pont.



1ere Passe
avec le toron de droite





2e Passe
avec le toron de gauche

Fin de la
2e passe

Figure 4-24 — *Erseau en câble.*

Sac plat

Celui-ci est souvent appelé « tortue ». Il comporte un fond rigide qui se fixe directement sur le pont (*fig. 4-25*). L'ouverture, dirigée vers l'arrière, est étranglée par un sandow, ou comporte plusieurs volets dont les attaches se libèrent sous la traction du spinnaker. Dans ce cas l'ouverture se situe sur le dessus dans le sens de la longueur.

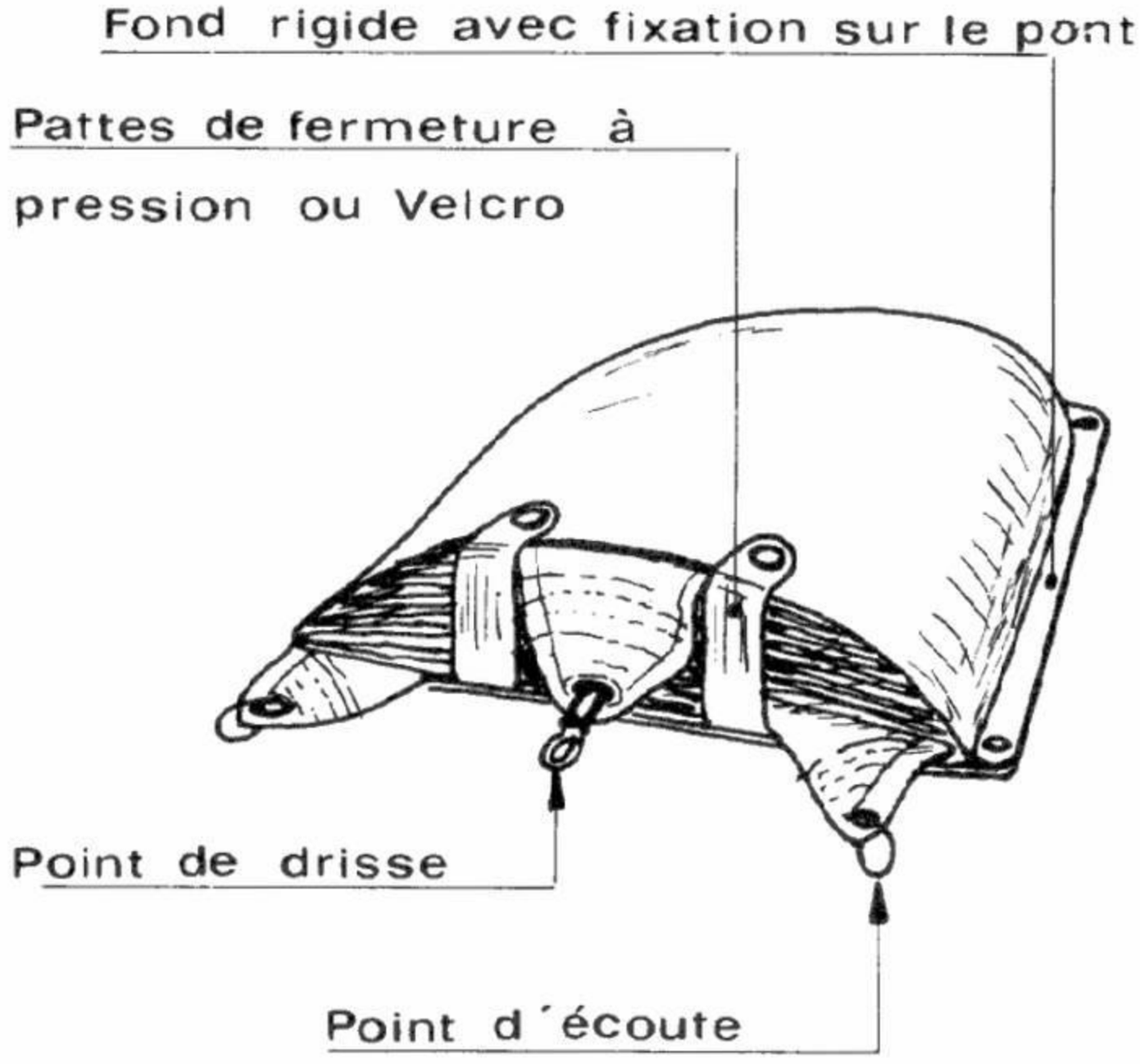


Figure 4-25 — *Sac plat pour spinnaker.*

Seau

Il est en plastique et est fermé par une jupe en toile dont l'ouverture, étranglée par un sandow, ne laisse dépasser que les trois points de la voile (*fig. 4-26*). Des crochets fixés sur les côtés permettent de l'amarrer sur le pont.

Pour des voiles assez grandes, on sera amené à prendre des corbeilles, des bacs ou même des poubelles pour disposer d'un volume suffisant.

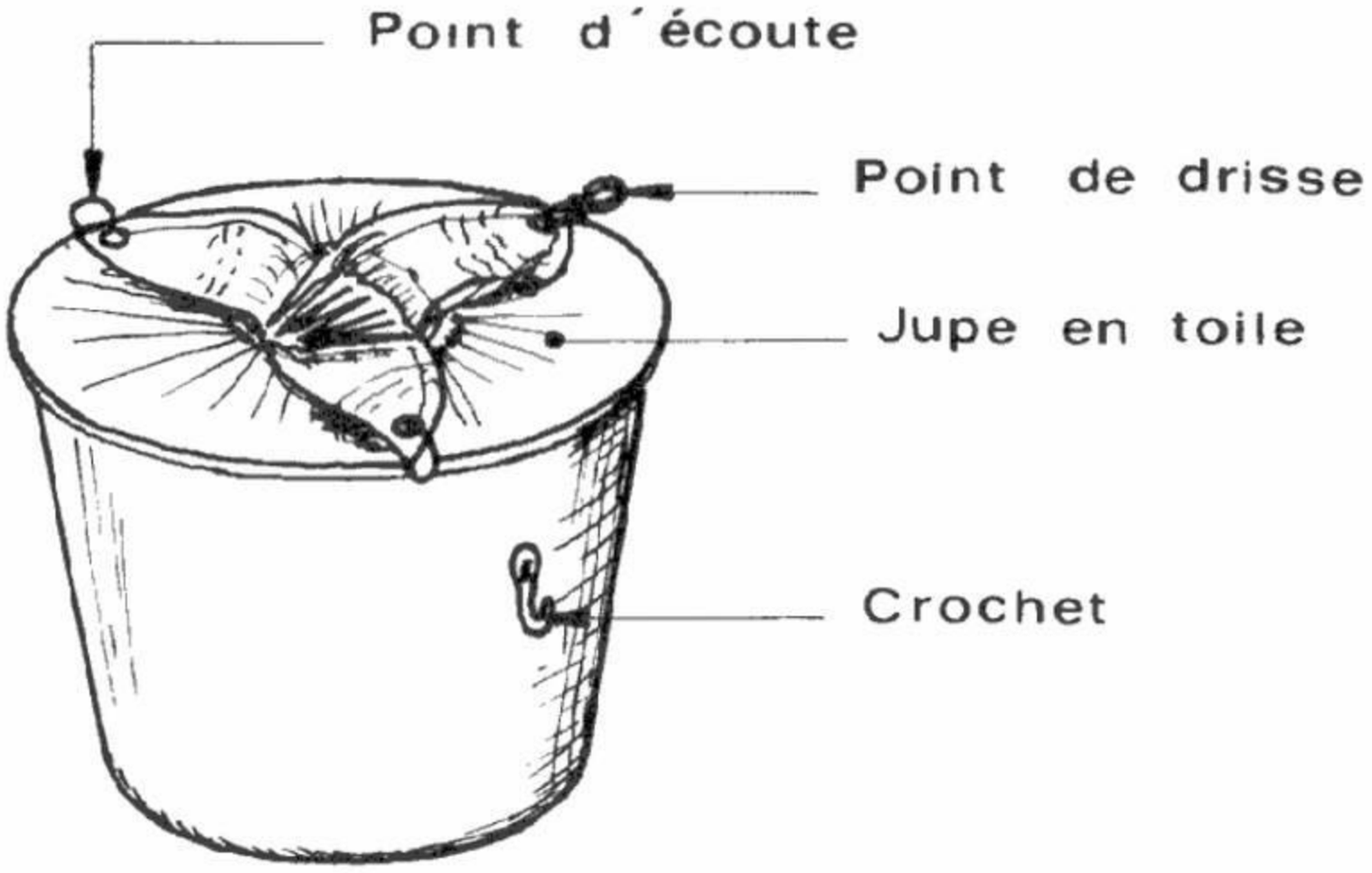


Figure 4-26 — *Seau de spinnaker.*

Filet dans le balcon

Il existe souvent entre le balcon avant et l'étai des voiliers habitables un espace suffisant pour y loger un filet contenant le spinnaker. Ce filet est ceinturé à sa partie supérieure par un support épousant la forme du balcon et portant un dispositif d'accrochage quelconque. Cette fixation doit être cependant très sûre afin d'éviter de voir le filet partir avec le spinnaker (*fig. 4-27*).

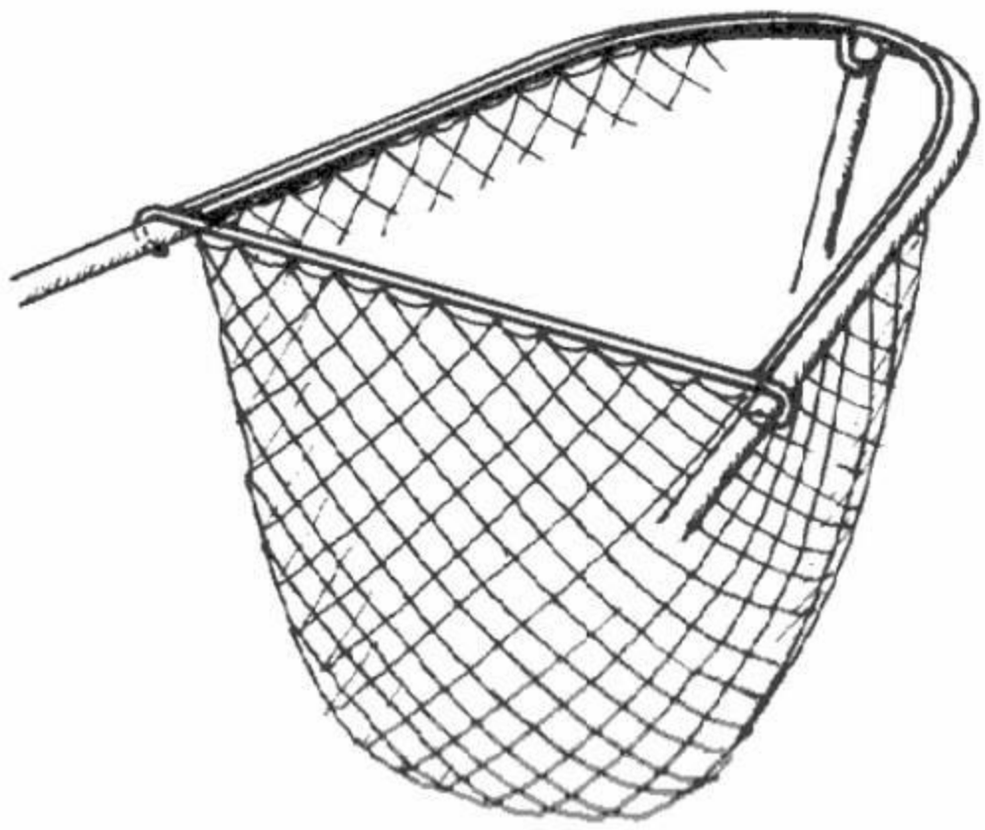


Figure 4-27 — *Filet de spinnaker à placer dans le balcon. L'entourage est constitué d'un fil d'acier inox portant à l'arrière deux crochets se bloquant sur le balcon et à l'avant un doigt s'engageant dans un trou. L'élasticité de l'entourage assure sa tenue sur le balcon.*

Avaleur de spinnaker

Sur les dériveurs où un espace suffisant existe entre la cadène d'étai et l'étrave il est possible d'installer sous le pont une sorte de trompe, généralement en plastique et prolongée à l'intérieur du

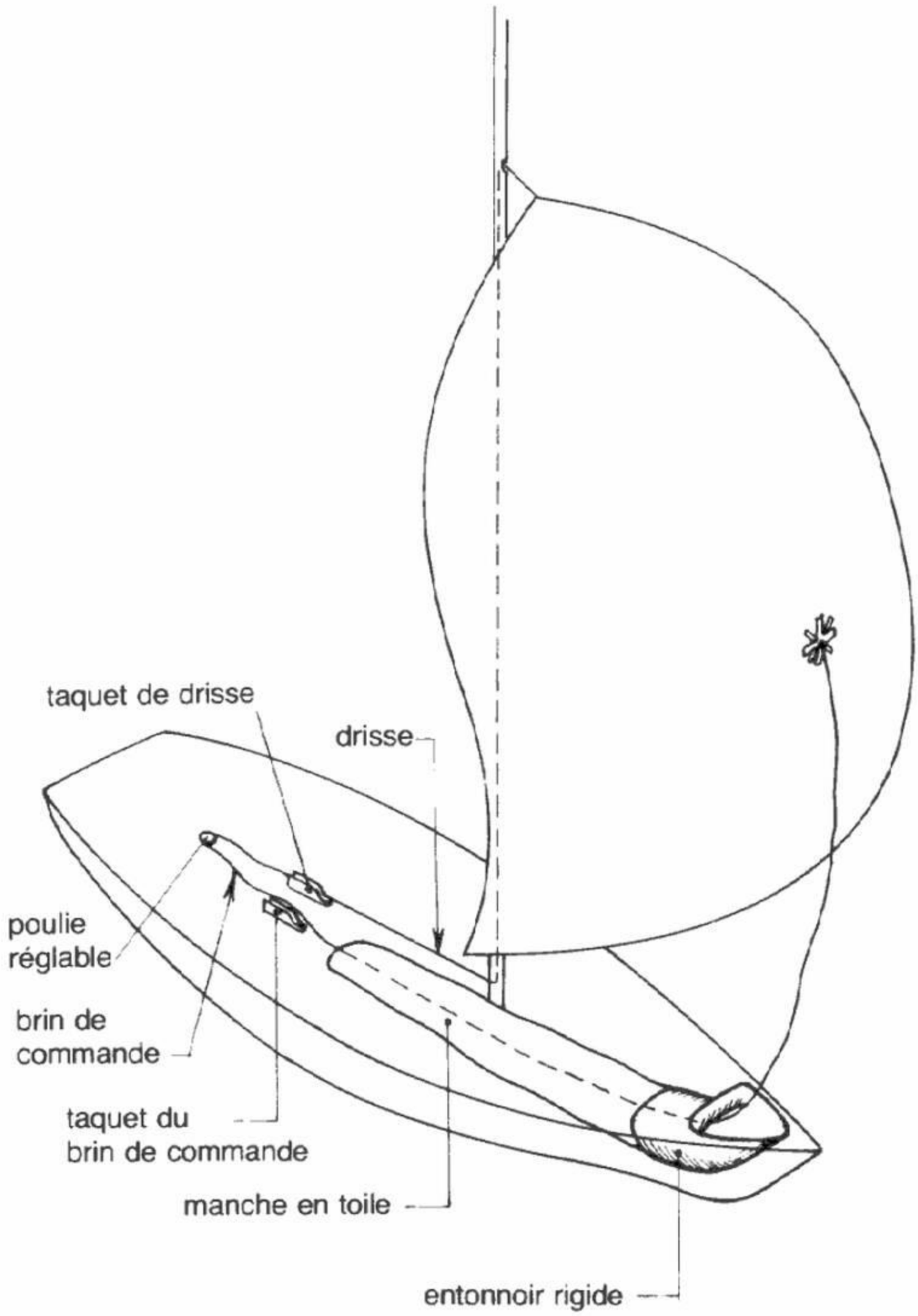


Figure 4-28 — *Avaleur de spinnaker.*
La drisse et le brin de commande sont réunis pour constituer une commande sans fin ; les deux taquets coinceurs sont utilisés alternativement et la poulie de retour est réglable en longueur pour ajuster la tension du brin de commande.

bateau par un manchon en tissu de Nylon. Une ligne fine passant à travers l'avaleur est fixée sensiblement au centre de la voile. En tirant sur la ligne on fait rentrer le spinnaker à l'intérieur de l'avaleur (*fig. 4-28*).
Ce système extrêmement rapide, aussi bien pour la sortie que pour la rentrée du spinnaker, demande beaucoup de soin dans la réalisation de la trompe et de sa liaison avec le manchon qui doit être exempte de toute aspérité risquant d'accrocher la voile. D'autre part, la fixation de la ligne doit être répartie sur une surface assez grande pour ne pas risquer de déchirer la voile.

La ligne et la drisse peuvent être d'un seul tenant de façon à n'avoir qu'un seul cordage à manœuvrer pour rentrer la voile. A l'arrière, la ligne passe sur une poulie de renvoi dont la position doit pouvoir être ajustée pour régler le mou nécessaire au bon fonctionnement, deux taquets coinceurs permettent de bloquer l'un ou l'autre brin de la ligne.

Devant la facilité apportée par l'avaleur de spinnaker on a tenté de le développer sur des voiliers plus importants. En fait on n'a guère pu dépasser les quarters tonners. Sur ceux-ci, l'étai venant se fixer à l'extrémité de l'étrave, l'embouchure de l'avaleur est constituée par un arceau faisant partie de la structure du balcon avant (*fig. 4-29*).

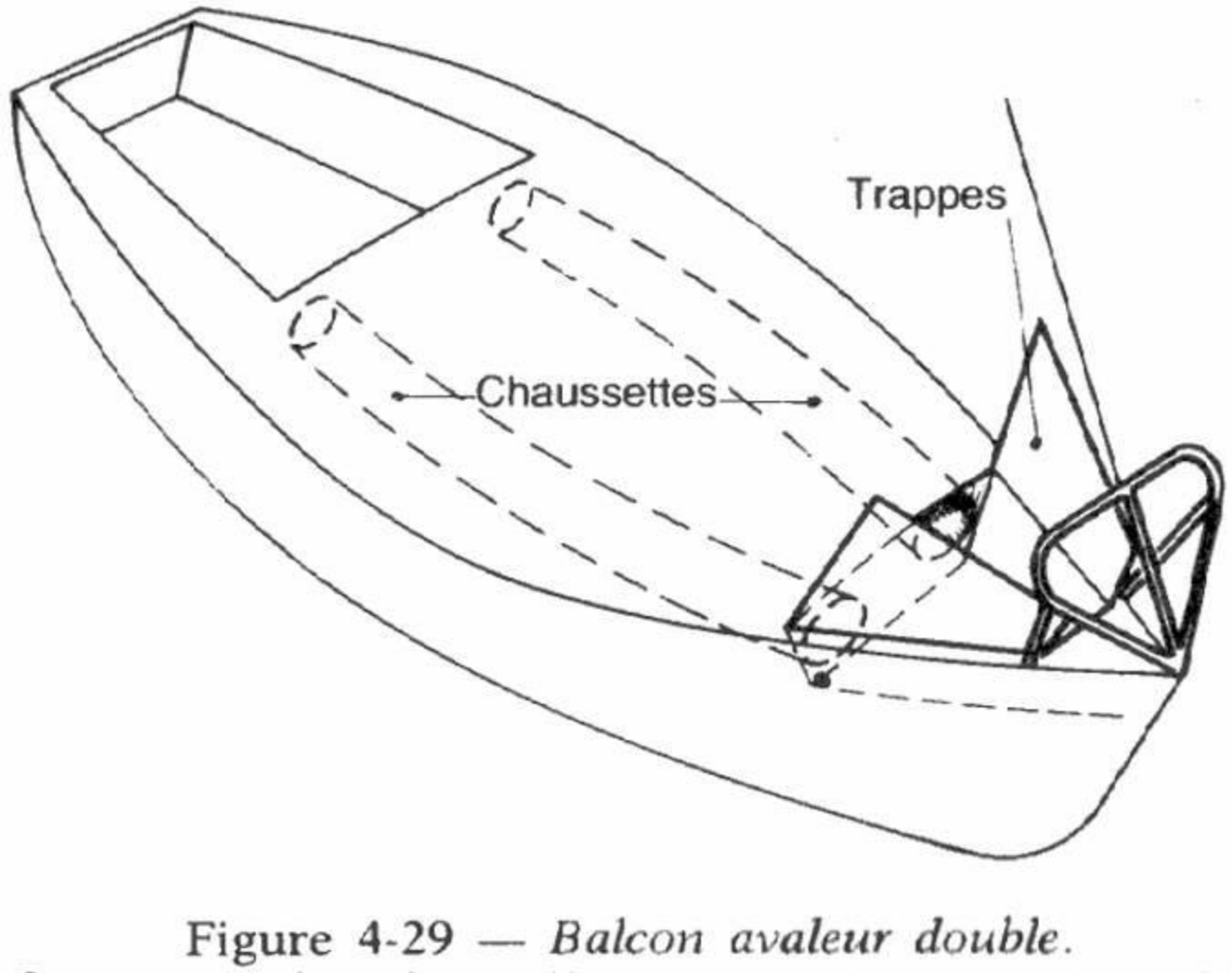


Figure 4-29 — *Balcon avaleur double*.
Les deux chaussettes dans lesquelles rentrent les spinnakers débouchent à l'avant dans un coffre autovideur et à l'arrière dans le cockpit.

En arrière deux coffres, pouvant être fermés par des capots, amorcent le manchon qui passe à l'intérieur de la cabine et débouche dans le cockpit. Le manchon en Nylon peut être alors

remplacé par un tube en PVC rigide qui offre un meilleur glissement et assure l'étanchéité.

La fixation de la ligne sur le spinnaker doit être renforcée par des bandes de tissu en croix. Selon la dimension de la voile elle sera fixée au centre, à égale distance des trois points, ou plus près du point de drisse, après être passée dans un passant cousu à la même distance des points d'amure et d'écoute (*fig. 4-30*).

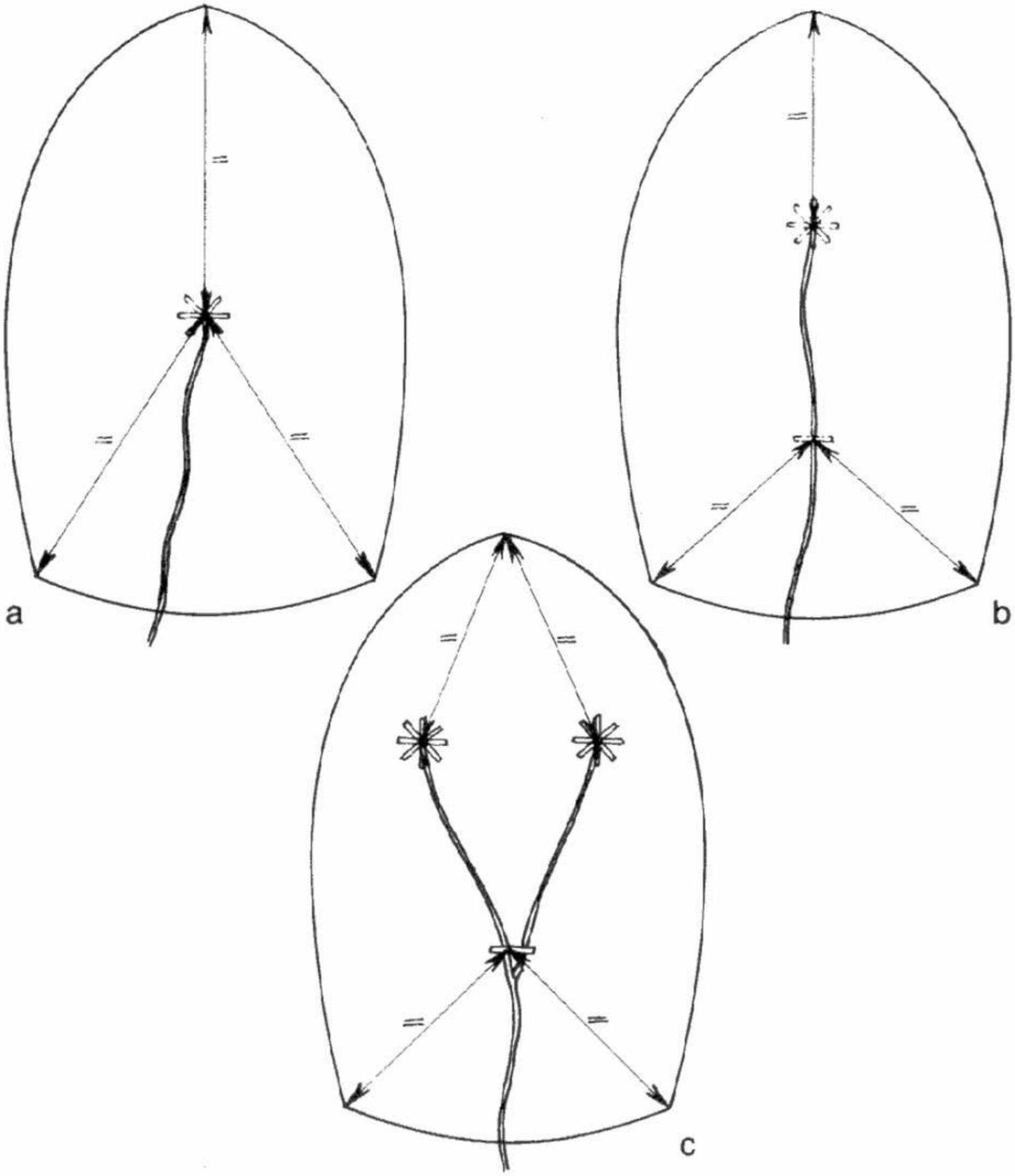


Figure 4-30 — *Trois dispositions d'attache du brin de commande pour des surfaces croissantes.*
Les dispositions b et c demandent un diamètre de passage plus important puisque la voile est repliée plusieurs fois sur elle-même.

La poche à spi
(*fig. 4-31*).

Ce système qui semble avoir été mis au point sur les Soling consiste à coudre en tête du spinnaker, et le long des deux ralingues, une double épaisseur de Nylon. Au milieu de la partie ouverte de la poche ainsi formée une bande de Velcro correspond à sa contrepartie cousue sur l'autre face de la voile. La voile étant ramassée dans la poche, celle-ci est fermée par la bande Velcro, laissant dépasser de chaque côté les points d'écoute.

La voile est envoyée à mi-drisse et en tirant sur les bras en même temps qu'on finit de la hisser, la fermeture se décroche et libère la

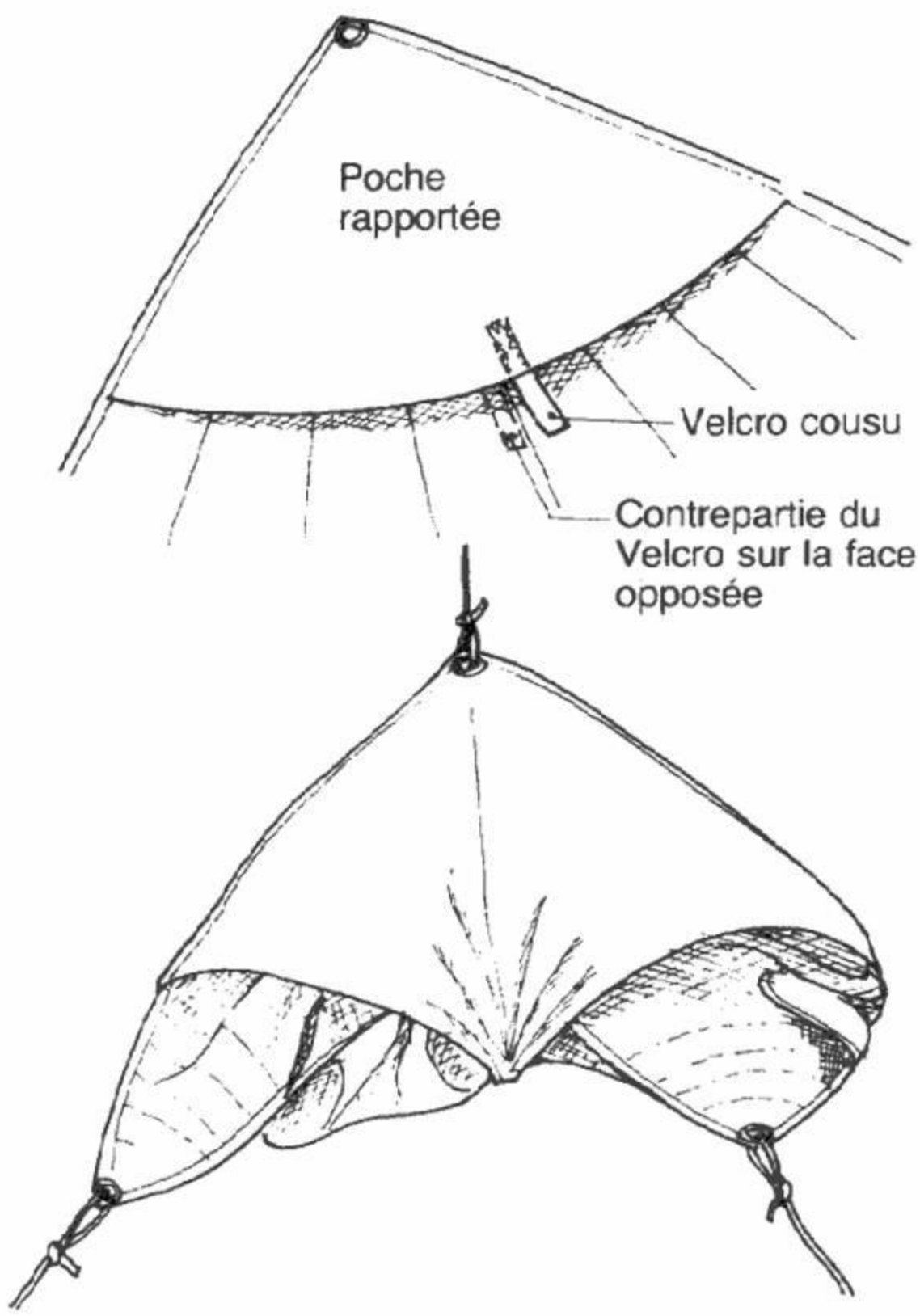


Figure 4-31 — *Poche incorporée dans la tête du spinnaker.*
L'écoute étant bordée à sa position approximative, on hisse en même temps qu'on borde le bras coulissant dans le tangon.

voile. Il est conseillé de ne laisse qu'un ou deux centimètres de Velcro en prise au moment d'envoyer la voile.

Ce système peut être utilisé jusqu'au quarter tonner.

Ferlage des spinnakers

Les systèmes précédents supposent que l'on envoie le spinnaker non ferlé. Cependant avec une voile de grande surface et un vent un peu fort cela peut être dangereux.

On peut, ferler le spinnaker soit avec des brins cassants en laine suivant la disposition de la *figure 4-32*, soit avec des bracelets de caoutchoux enfilés sur la voile en la faisant passer à travers un seau sans fond sur lequel ils sont maintenus en réserve (*fig. 4-33*).

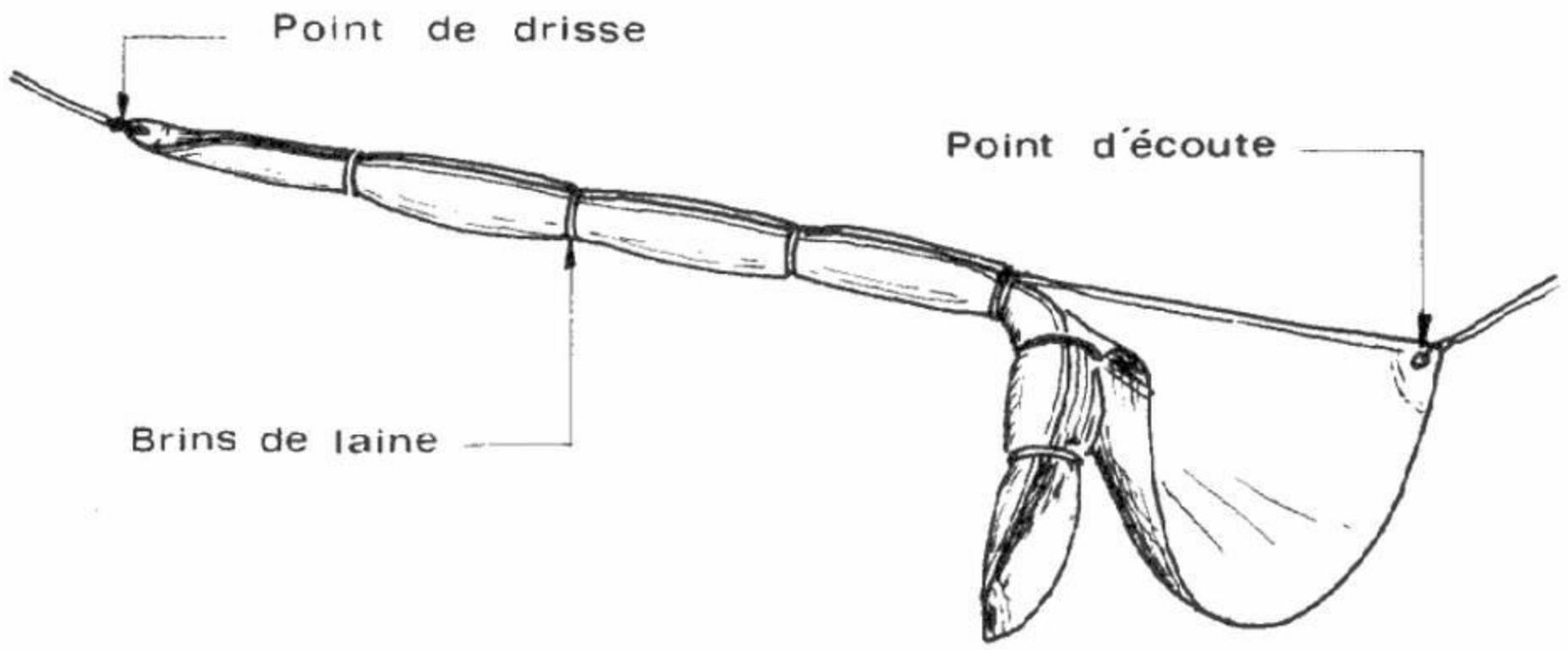


Figure 4-32 — *Ferlage d'un spinnaker avec des brins cassants.*

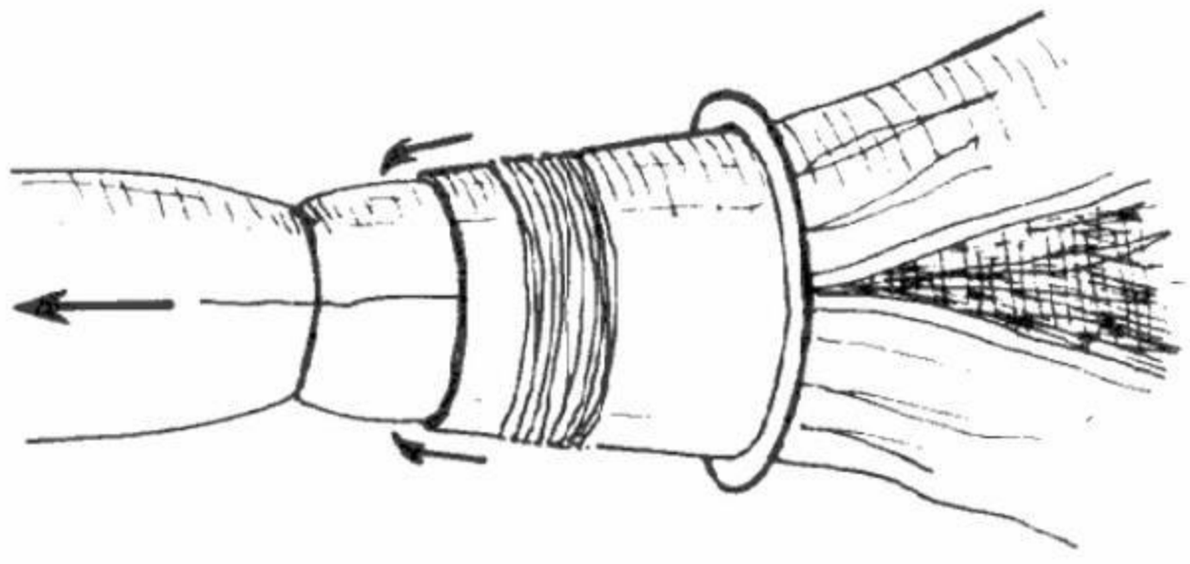


Figure 4-33 — *Un seau sans fond sert à enfiler sur le spinnaker des bracelets de caoutchoux pour en assurer le ferlage.*

La « chaussette à spi »
(fig. 4-34)

Eric Tabarly a mis en vedette ce système d'envoi de spinnaker à l'occasion de la Transatlantique de 1976. Il en donne une excellente description dans son livre, *Guide pratique de manœuvre* (Ed. du Pen Duick).

Rappelons que le système consiste en une série d'anneaux en plastique ou en alliage léger, de diamètre décroissant du bas vers le haut en rapport avec la surface de la voile, de 30 à 50 cm à la base, reliés entre eux par des bouts d'environ 1,50 m de long ou par un manchon continu en Nylon.

Le spinnaker est enfilé dans la « chaussette » qui peut être relevée grâce à un va-et-vient fixé à l'anneau inférieur et passant dans des poulies montées près de la drisse de la voile. Il est préférable, pour que le système fonctionne correctement, de disposer d'un double va-et-vient passant de chaque côté de la chaussette à l'intérieur de celle-ci. A chaque extrémité les deux bouts peuvent être réunis en un seul. On prendra soin de toujours faire passer la ligne servant à relever la chaussette par l'intérieur (côté mât) et celle servant à la redescendre par l'extérieur du spinnaker afin d'étouffer celui-ci plus facilement. Pour éviter que les va-et-vient soient trop libres il est bon de les faire passer dans un œil fixé à chaque anneau.

Fermetures à glissière

Nous avons vu que celles-ci ont maintenant de nombreuses applications et contrairement à ce que l'on croit souvent, leur prix n'est pas prohibitif.

Une des meilleures marques que l'on trouve en Europe dans les longueurs et les calibres qui nous intéressent est fabriquée par Riri à Mendrisio (Tessin), Suisse, et importée en France par les Etablissements Raymond, 113, Cours Berriat, 38000 Grenoble.

Il arrive, surtout avec les fermetures de couleur, que celles-ci se coincent après un certain temps d'exposition aux intempéries. La valeur d'un petit pois de suif dans le curseur supprimera cet inconvénient.

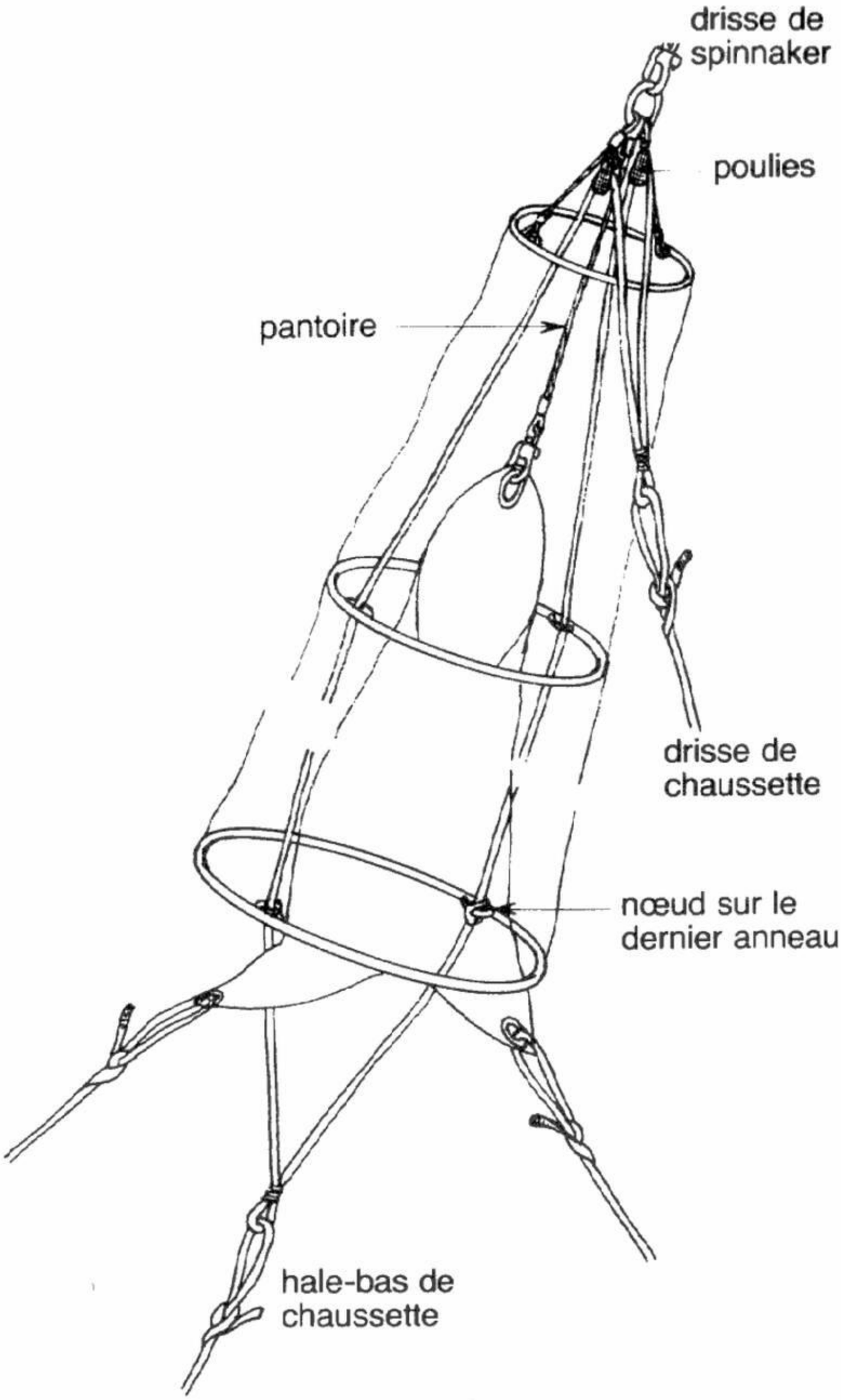


Figure 4-34 — *Chaussette à spi.*
La pantoire entre la drisse et la voile permet d'emmagasiner la chaussette quand elle est remontée, sans gêner la voile. Des anneaux de diamètre décroissant permettent d'en réduire la longueur au minimum. En passant le hale-bas sous le vent de la voile on peut, en choquant bras et écoute, étouffer la voile ce qui facilite la descente de la chaussette.

5. L'ajustage et le réglage des voiles

S'il n'est plus question aujourd'hui avec les tissus synthétiques de « faire une voile », le réglage et la mise au point ont pris par contre une plus grande importance. Les tissus se « prêtent » en effet beaucoup moins et le moindre défaut dans l'établissement d'une voile se traduit par des plis et des déformations qui peuvent lourdement handicaper la voile la mieux coupée. Le problème est encore compliqué par le fait que, de plus en plus souvent et sur des bateaux de plus en plus gros, on utilise des espars souples permettant d'adapter une même voile à toute une gamme de vents. De toute façon, même avec des espars rigides, il est toujours possible de régler la forme, même si ce n'est que dans les limites plus étroites.

Par ailleurs, de même qu'un costume ne s'ajuste pas parfaitement dès le premier essayage, une voile même faite par le meilleur voilier ne sera pas forcément impeccable dès la première sortie et demandera souvent des retouches. Il faut considérer que cela est absolument normal et fait partie de l'ensemble de la mise au point d'un voilier. Il ne faut pas oublier non plus que le réglage des voiles est le facteur le plus important de cette mise au point et qu'une voile parfaitement établie, s'ajustant impeccablement avec le gréement, vaut bien plus que des heures passées à polir une carène.

Le vocabulaire technique français se trouve ici en état d'infériorité par rapport à l'anglais. Il est possible en effet dans cette langue

de distinguer le *tuning*, qui est le réglage de la voile en elle-même, l'ajustage de sa forme, du *trimming* qui est le réglage de son orientation, effectué par le jeu des manœuvres courantes, écoutes, hale-bas. Ces deux expressions se traduisent habituellement par un même mot : réglage, qui ne permet pas de faire la distinction entre les deux opérations.

C'est pourquoi nous adopterons ici les deux expressions suivantes :

— **l'ajustage** (malgré sa consonance mécanique) qui recouvrira deux phases, la première passive, consistant à vérifier si l'établissement sur les espars s'effectue correctement, la seconde active, concernant le réglage de la forme elle-même par le jeu de l'étarquage sur les espars et par la déformation de ceux-ci, et permettant la retouche éventuelle de la voile ;

— **le réglage** qui est effectué par le jeu des écoutes et hale-bas et qui définit l'orientation des voiles et l'évolution de leur forme en hauteur (dévers) et par conséquent la qualité des écoulements.

Il est bien évident que la phase active de l'ajustage et le réglage comportent des relations intimes, que nous signalerons, mais il nous a semblé utile d'effectuer cette distinction, ne serait-ce qu'au niveau de la retouche des voiles.

Il n'est pas aisé de juger à l'œil de la qualité de ces ajustages, la courbure des coutures donne souvent une idée fausse du fait de leur inclinaison, et elles deviennent peu visibles à partir d'une certaine distance. Quant au fasseyage du guindant il n'apparaît souvent que trop tard et par ailleurs rien ne permet de juger si l'angle d'incidence d'une voile devient trop élevé.

Pour matérialiser formes et écoulements on a donc recours souvent maintenant à deux systèmes de référence.

Pour étudier la forme on place sur les voiles un certain nombre de bandes (généralement pas plus de trois) parallèles à la bordure. On en mettra une à mi-hauteur et une au quart supérieur, ou à chaque tiers ou chaque quart de la hauteur. Ces bandes sont réalisées en Nylon à spinnaker noir autocollant ou cousu.

Pour juger des écoulements on utilise universellement des brins de laine ou des petits rubans de Nylon piqués dans la voile. Leur disposition est assez variable.

Leur longueur est comprise entre 12 et 20 cm selon la taille de la voile. Les brins de laine sont simplement piqués à travers la toile et arrêtés par un nœud plat de chaque côté comme une garcette de ris *(fig. 5-1 a)*. Les rubans seront cousus aux extrémités d'un gros fil à voile ; leur mobilité est ainsi plus grande *(fig. 5-1 b)*. Comme il faut voir aussi bien les brins sous le vent qu'au vent, l'idéal est de les

placer au centre d'une petite fenêtre circulaire mais, avec un ruban de couleur sombre, la transparence de la voile blanche est souvent suffisante.

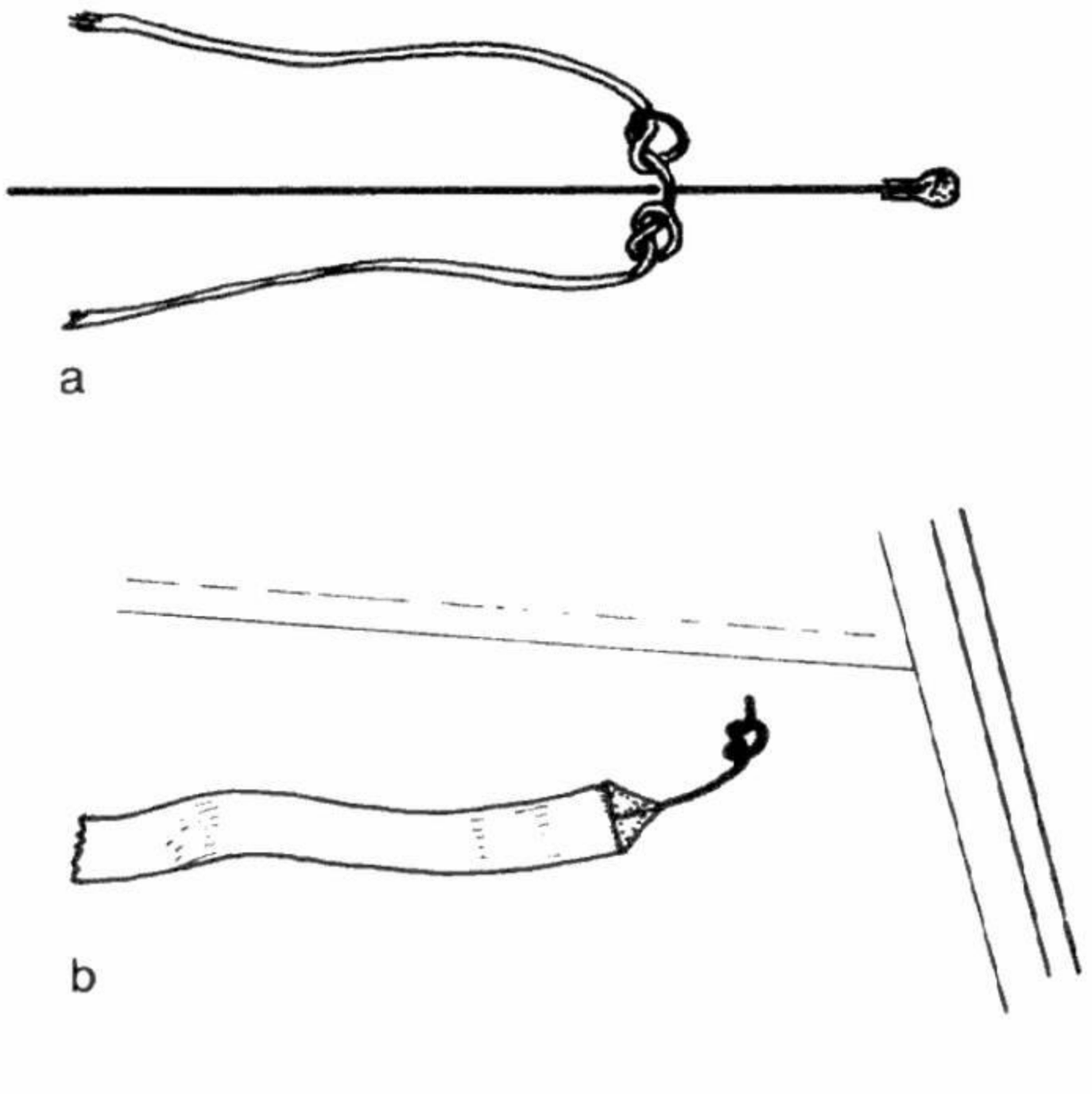


Figure 5-1 — *Brins de laine et ruban sur le guindant d'un foc.*

On pourra adopter les dispositions suivantes :

— focs ou génois : de un à trois, selon la hauteur de la voile, entre 20 et 40 cm en arrière du guindant ;

— trinquettes : même disposition que les focs plus deux brins à 20 cm environ en avant de la chute pour contrôler l'ouverture de celle-ci et éviter tout blocage de l'écoulement avec la grand-voile et le génois ;

— grand-voile : de un à trois brins, selon la hauteur de la voile, entre 40 et 50 cm en arrière du guindant pour éviter la zone de remous en arrière du mât. Il peut être fort intéressant également de placer deux brins sur la chute elle-même ou à 20 cm en avant dans sa moitié supérieure pour en contrôler l'ouverture et le dévers.

L'utilisation des brins de laine est la suivante.

Tant que l'écoulement est correct sur les deux faces de la voile les brins de laine se tiennent sensiblement immobiles et horizontaux, tendus vers l'arrière.

Si les filets d'air viennent à décrocher, sous le vent si l'angle d'incidence est trop fort ou au vent s'il est trop faible, le brin de laine correspondant s'agite, remonte et peut même s'orienter vers l'avant.

Au près, les voiles réglées correctement, il faut abattre lorsque le brin au vent du foc s'agite et loffer lorsque c'est le brin sous le vent. On s'apercevra que la différence de cap entre les deux cas est faible (de l'ordre de 5°).

Au largue, sur un cap donné, c'est le réglage de l'écoute de foc qu'il faut contrôler. Trop bordée, le brin sous le vent du foc s'agite, trop choquée c'est le brin au vent.

Chaque point contrôlé par des brins de laine doit être ajusté en fonction de ces indications.

Il est malheureusement difficile, surtout sur un petit bateau, de juger exactement de la forme de ses voiles. C'est pourquoi il est bon, parfois, de changer de bord avec un ami, ce qui permet d'observer mutuellement le résultat. Mais le moyen le meilleur est la photo prise sous des angles particulièrement intéressants : à bord, par en dessous, ou d'un autre bateau en se plaçant au vent, de face, de trois-quarts avant et de profil, en arrière juste dans l'axe et sous le vent de trois-quarts arrière.

Ce sera en tout cas, avec des notes écrites, correspondant à chacune de ces prises de vues que vous pourrez fournir au voilier les informations les plus précises lui permettant le cas échéant d'effectuer les retouches nécessaires.

Un appareil à développement instantané peut s'avérer très utile pour cet usage car il est possible de porter immédiatement au dos de la photo les notes indispensables.

AJUSTAGE DE LA GRAND-VOILE SEULE

Essai statique

La voile est d'abord enverguée sur la bôme, attachée au point d'amure, mais non étarquée. Les lattes sont mises en place dans les goussets et, si besoin est, ajustées à longueur ; au début elles doivent légèrement forcer en longueur pour compenser l'allongement initial du tissu.

La ou les lattes forcées seront tendues légèrement.

On hisse alors la voile en étarquant moyennement le guindant, il

doit se former un léger creux sur toute la hauteur du mât le long de celui-ci. On étarque de la même façon la bordure et on borde l'écoute.

Défauts apparents

Plusieurs défauts peuvent se révéler :

- Point d'amure

Un pli partant du bas de l'engoujure de mât pour se diriger vers le point d'écoute signifie que le point d'amure est trop en arrière *(fig. 5-2)*. Un pli analogue partant de l'entrée de l'engoujure de bôme correspond à un point d'amure trop haut *(fig. 5-3)*. Un défaut contraire (point d'amure trop rentré) se traduira par un pli ou un éventail de plis partant du point d'amure vers le centre de la voile *(fig. 5-4)*. Il faudra modifier en conséquence la position de la ferrure ou retoucher la voile.

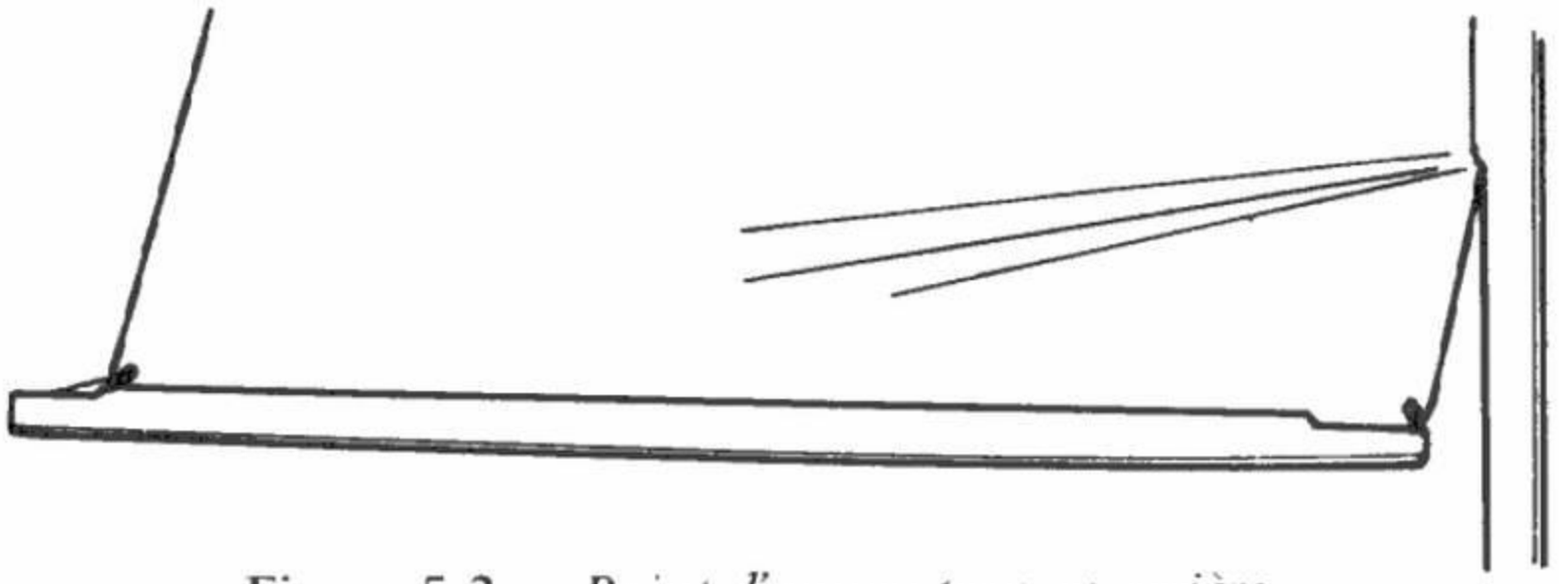


Figure 5-2 — *Point d'amure trop en arrière.*

Figure 5-3 — *Point d'amure trop haut.*

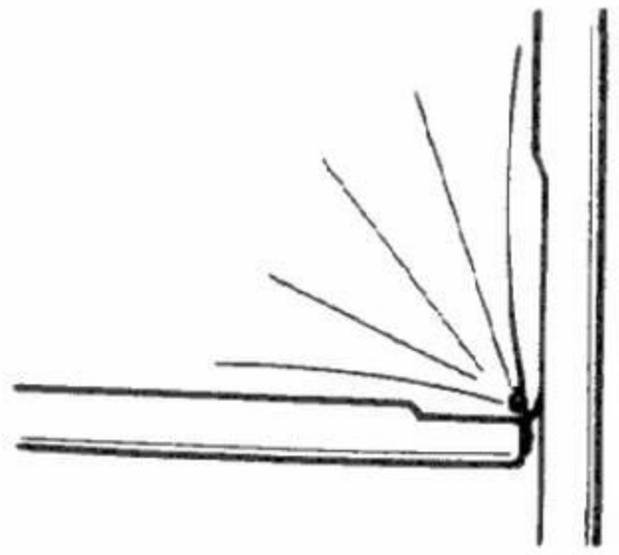


Figure 5-4 — *Point d'amure trop rentré.*

- *Point d'écoute*

De grands plis partant en diagonale du point d'écoute vers une partie du mât révèlent une mauvaise adaptation de la courbure de celui-ci au rond de la voile. Nous les étudierons plus en détail à la page 207.

Le même défaut que celui de la *figure 5-3*, peut se présenter sur une voile montée avec des coulisseaux lorsqu'il n'en est pas prévu un juste sous l'œil. On peut le remplacer par une ligature.

- *Chute*

Une gaine de chute qui se roule entre les lattes est due à un mauvais tracé de celle-ci, généralement un arrondi au lieu d'une droite *(fig. 5-5)*. Il faudra échancrer légèrement la chute entre les lattes.

- *Lattes*

De petits plis en éventail à l'extrémité d'une latte montrent qu'elle est trop longue pour son gousset tandis que des plis perpendiculaires répartis sur toute sa longueur prouvent qu'elle est trop courte *(fig. 5-6)*.

- *Point de drisse*

Lorsque la latte la plus haute n'est pas forcée, il se développe parfois un pli partant de l'arrière de la planche de tête et passant

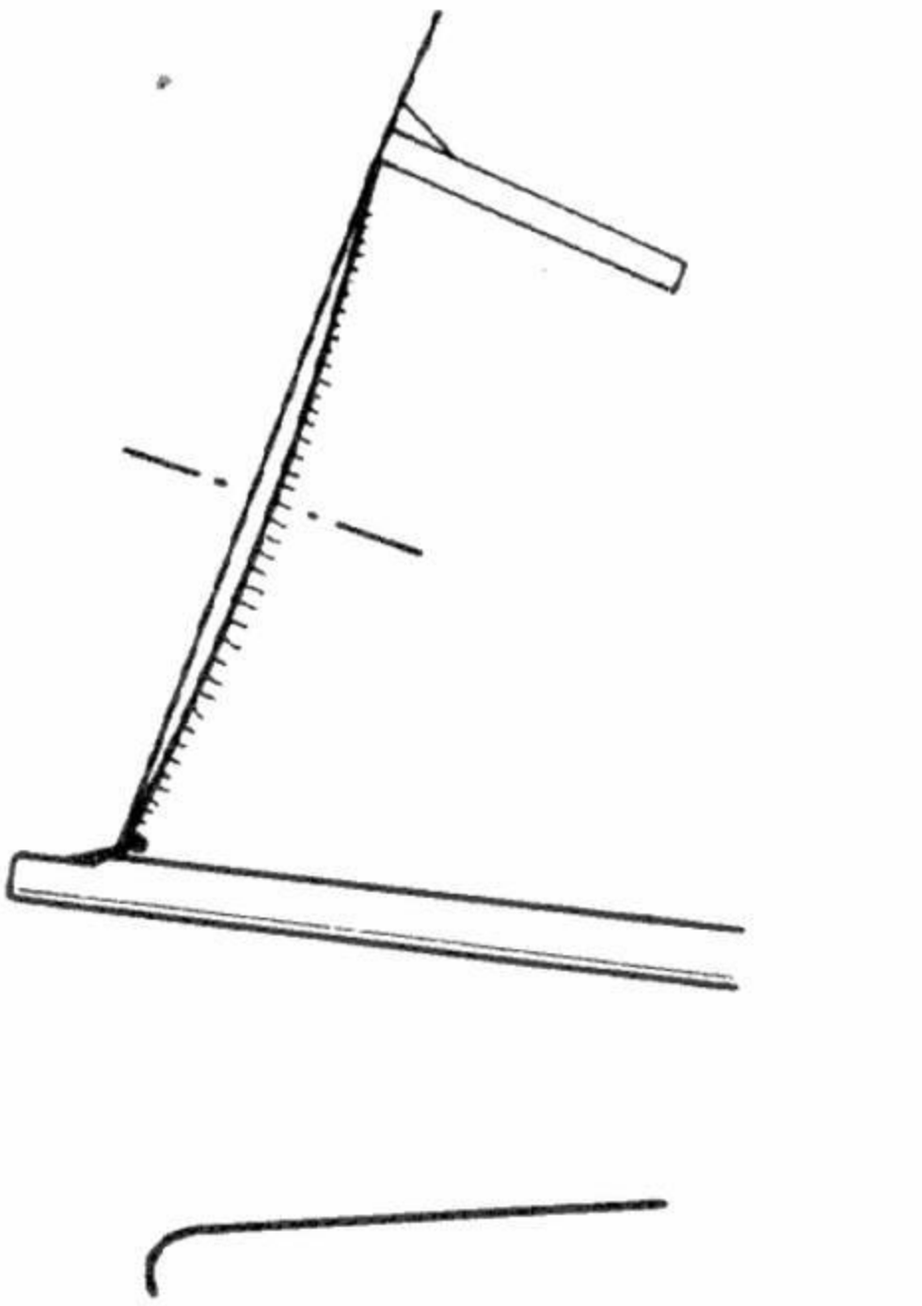


Figure 5-5 — *Chute qui roule entre les lattes.*

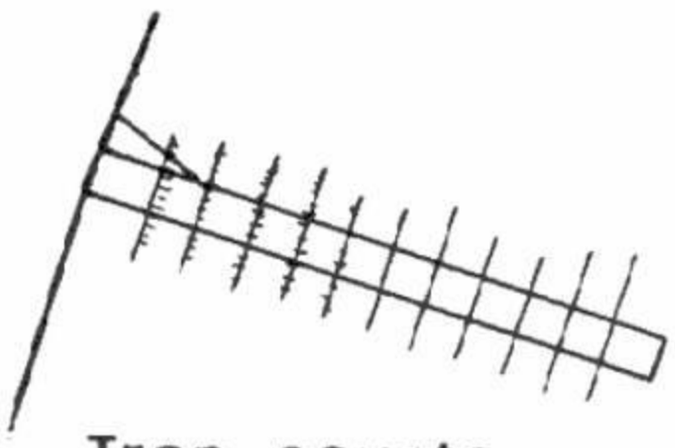


Figure 5-6 — *Défauts sur les lattes.*

par l'extrémité de cette latte. Cela peut correspondre à une latte trop raide ou prévue trop courte pour le rond de la voile (ou à un rond trop important), ou plus souvent à un point d'attache placé trop en arrière sur la planche de tête. Si celle-ci comporte plusieurs trous, utiliser celui placé le plus en avant *(fig. 5-7)*.

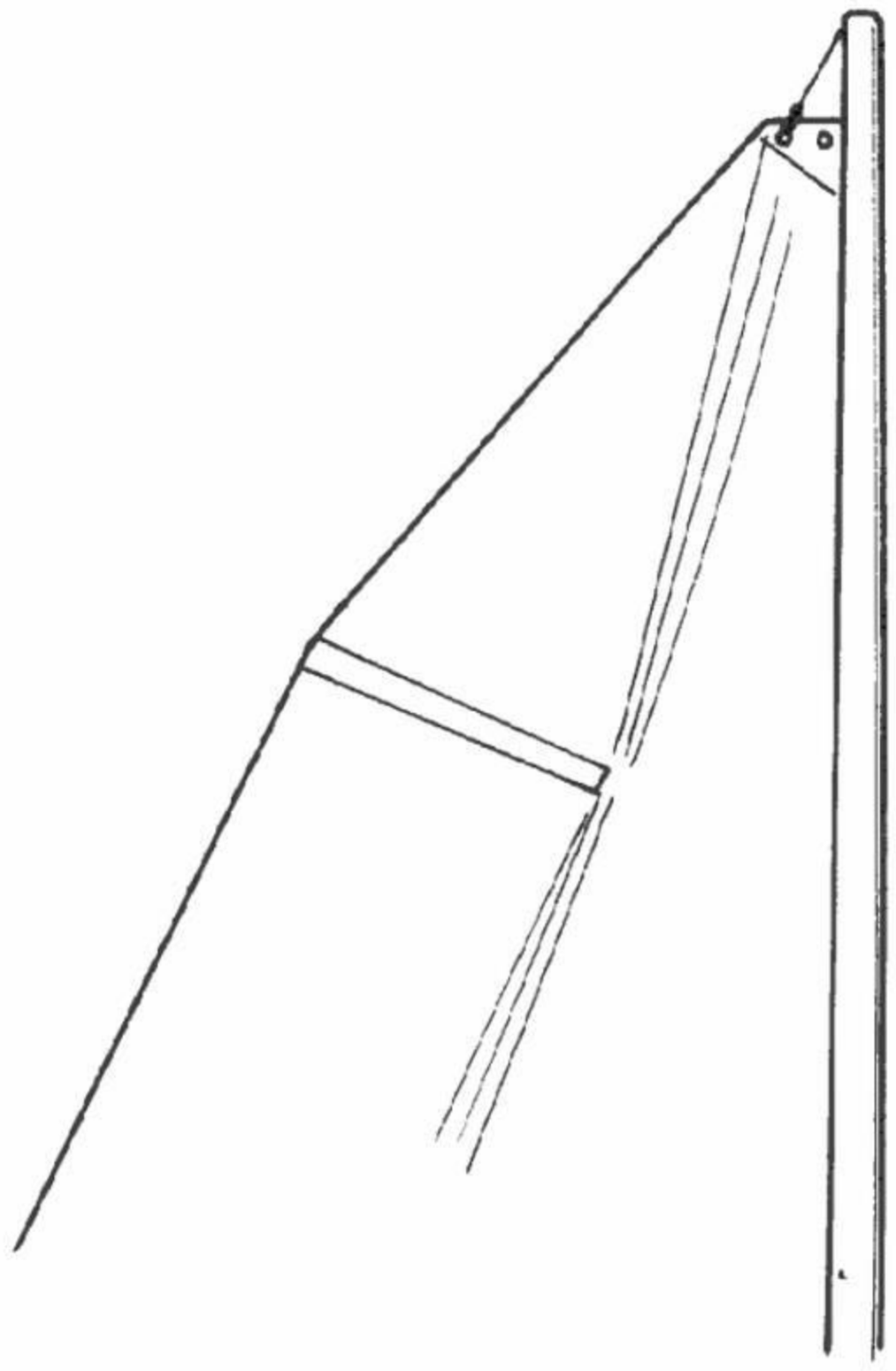


Figure 5-7 — *Point de drisse trop en arrière ou trop près du réa.*

Défauts de fabrication

Restent les défauts provenant uniquement de la confection de la voile. Si des froncements sur les coutures ne disparaissent pas dès les premières sorties, il faut reprendre celles-ci.

On peut également remarquer des points durs, c'est-à-dire des endroits où le tissu est trop tendu à cause d'un mauvais alignement des coutures ou autour des œillets ou des fenêtres.

Le long des gaines, des froncements en éventail généralement en quelques points répartis irrégulièrement, correspondent à des défauts de tension lors du ralinguage et doivent être corrigés.

Si le rond de la chute se roule en zigzag, indifféremment au vent ou sous le vent, cela peut provenir du fait que le tissu est trop de biais (cas fréquent sur les voiles à rond de chute très important) ou que la gaine a été trop tendue par rapport au tissu lors de sa couture.

Des petits plis en éventail au point d'écoute ou au point de drisse ne sont pas désastreux, mais ils révèlent un défaut dans les renforts ou la coupe du point *(fig. 5-8)*.

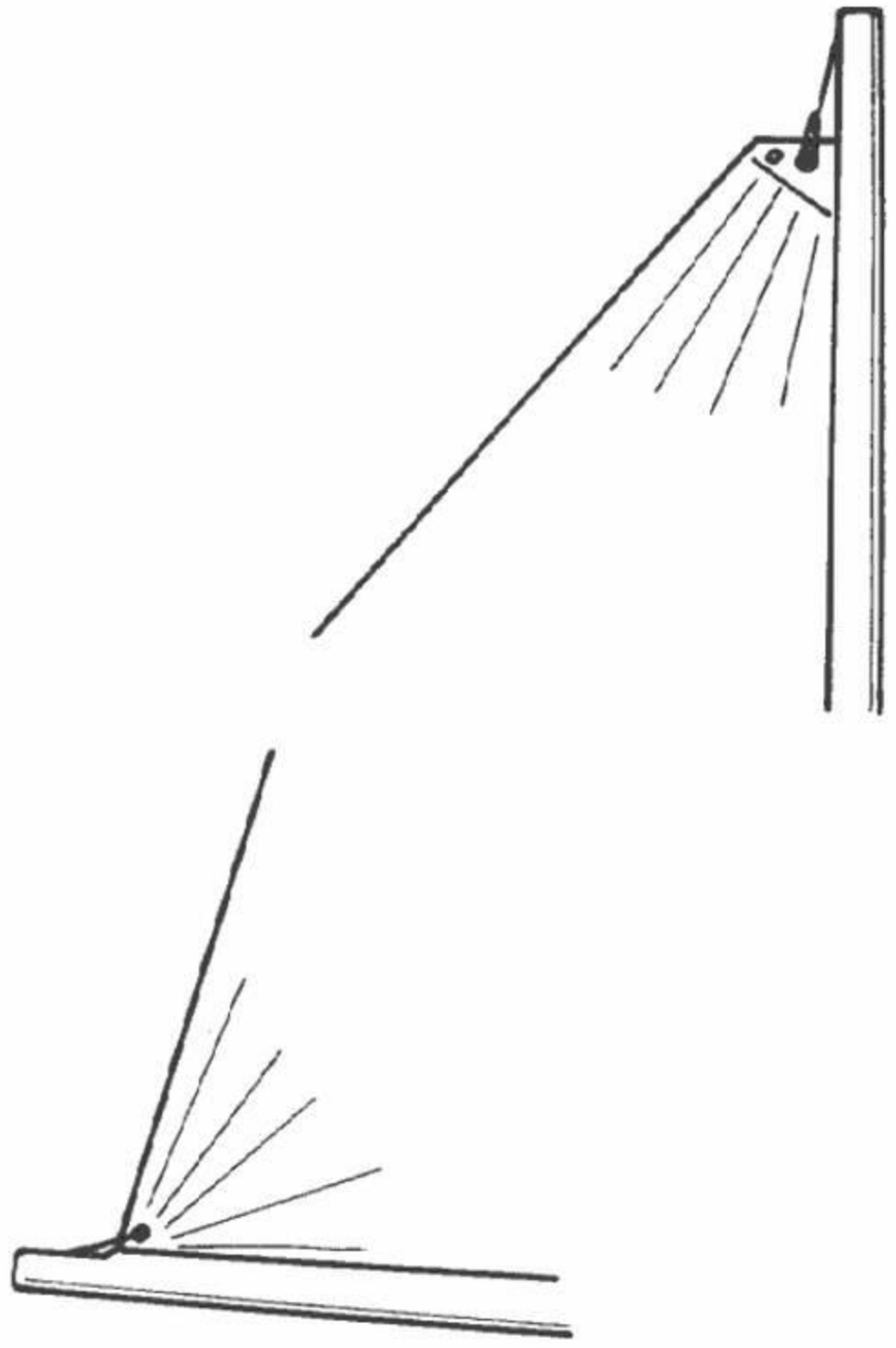


Figure 5-8 — *Défauts dans la coupe des points de drisse et d'écoute (très difficiles à éviter !).*

Essai sur l'eau

Tous ces défauts corrigés, on sortira alors avec la grand-voile seule par des vents de force 3 maximum pour étudier la forme de la voile.

- *Réglage des ralingues*

On procède d'abord au réglage de la tension des ralingues qui sera correcte lorsque les plis perpendiculaires au mât et à la bôme auront disparu sans pour autant que se forme un pli parallèle. Ce réglage dépendra, bien sûr, de la force du vent et est la conséquence directe des tensions dans la voile étudiées au chapitre III. Il s'agit là du réglage de base de toute voile et nous y reviendrons plus en détail.

Le hale-bas et l'écoute étant bordés correctement afin de réduire le dévers au minimum, on observe alors la forme des sections transversales de la voile et en particulier la façon dont elles se développent vers la chute.

- *Les lattes*

S'il y a une latte forcée, celle-ci doit avoir une forme régulière avec un creux maximum situé entre le tiers avant et le milieu et se terminer en ligne droite. Si le creux est trop prononcé, réduire la tension de la latte dans son fourreau sans pour autant que se forment des plis perpendiculaires ; si cela se produisait, c'est que la latte serait trop souple dans sa partie avant pour la force du vent du moment. Une absence de creux par vent moyen correspondrait, bien sûr, à une latte trop raide et s'accompagnerait, dès que le vent force, d'un dévers de la voile.

Si la courbe se développe en S *(fig. 5-9)* et que la chute tombe sous le vent (déverse), uniquement dans le haut de la voile, c'est que l'arrière de la latte est trop souple.

Si les lattes normales sont trop raides, il se forme au vent un pli reliant le point de drisse au point d'écoute et passant par leur extrémité *(fig. 5-10)* ; la chute de la voile, bien que plate, déverse d'un seul bloc. Lorsqu'elles sont trop souples, la chute déverse également mais en prenant une forme courbe.

On conçoit donc qu'on ne peut se contenter d'un seul jeu de lattes, pour toutes les forces de vent. Signalons que pour le 420, Elvström conseille pour la latte forcée des épaisseurs de bois de 1,5 mm côté mât, passant à 2,5 mm côté chute pour des vents de 0 à 3 et de 2,5 mm et 3,5 mm au-dessus de la force 3. Pour les autres lattes, les épaisseurs sont respectivement de 2,5 mm et 3,5 mm constantes sur toute la longueur.

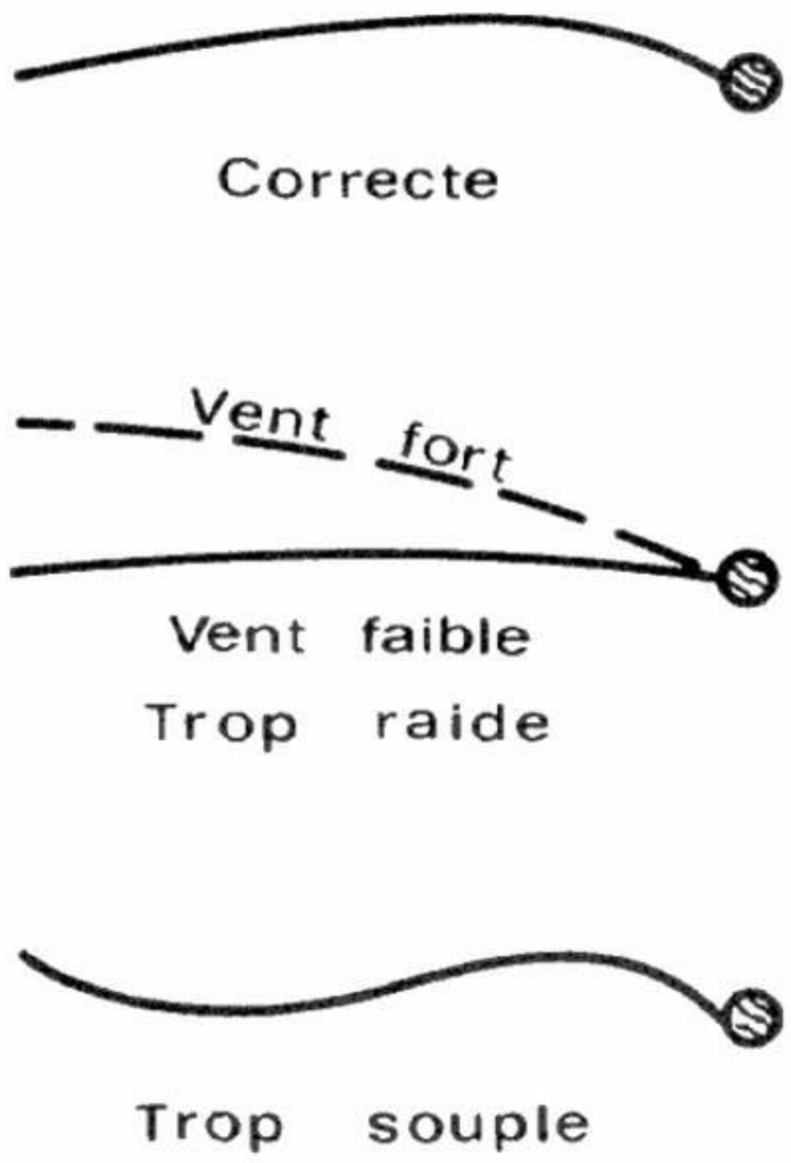
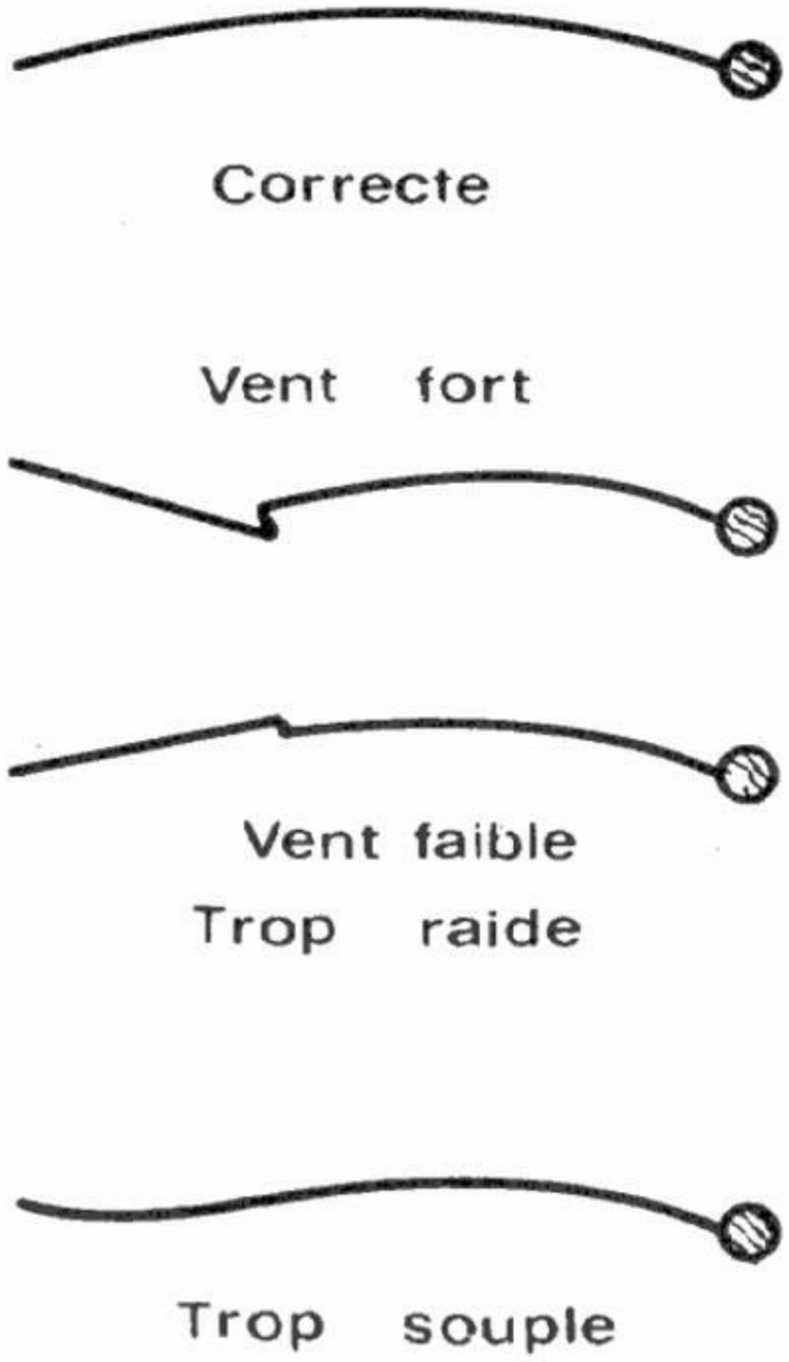


Figure 5-9 — *Section au niveau des lattes forcées.*



Figuce 5-10 — *Section au niveau des lattes normales.*

- *La chute*

Mais les défauts constatés sur la chute ne proviennent pas forcément des lattes.

J'ai déjà signalé plus haut l'importance de la position du point d'attache de la drisse sur la planche de tête, la distance entre le réa et la têtière est aussi importante. Cette distance toujours faible provoque une variation très rapide de l'angle de tire de la drisse, qui peut avoir des conséquences désastreuses sur l'ensemble de la chute. En particulier, un point d'attache trop en arrière et une hauteur faible feront refermer la chute en provoquant un pli *sous le vent* partant du point de drisse et passant par l'extrémité des lattes. Un point d'attache placé trop en avant laissera la chute déverser. Cependant, les lattes et le point de drisse étant corrects, il se peut que la voile referme ou déverse encore; dans ce cas, en dernier recours seulement, il faudra ouvrir ou refermer quelques coutures sur la chute. Cela sera surtout nécessaire lorsqu'on constatera une irrégularité de la déformation sur la hauteur de la chute comme par exemple : une partie haute correcte et une partie basse refermant. Il est bien entendu que nous ne tenons pas compte ici des modifications dues aux réglages de l'écoute et du hale-bas.

Ajustage de la forme

Celui-ci est nécessité comme nous l'avons vu au chapitre III par les considérations aérodynamiques et par la déformation de la voile au fur et à mesure que le vent force. Il est obtenu par une déformation en sens inverse du tissu.

En effet, plus le vent force, plus les efforts perpendiculaires à la chute s'accroissent et plus le creux augmente, se reporte vers l'arrière et remonte, alors que le contraire serait nécessaire *(fig. 5-11)*. Même si le mât, et dans une moindre mesure la bôme, peuvent en se cintrant absorber une partie du creux, ils ne peuvent ramener celui-ci à sa position d'origine. En effet, en se cintrant, la distance en ligne droite diminue et, dans le cas de la bordure en particulier, dont le rond est très important, le cintrage de la bôme ne permet pas d'absorber le creux nécessaire. Au contraire, en réduisant la distance entre point d'amure et point d'écoute, le creux de la voile augmente *(fig. 5-12)*. Ce n'est donc que l'étarquage des ralingues, soit par les points de drisse et d'écoute, soit par les doubles points d'amure, qui peut, en tirant sur le biais du tissu, ramener le creux à sa place.

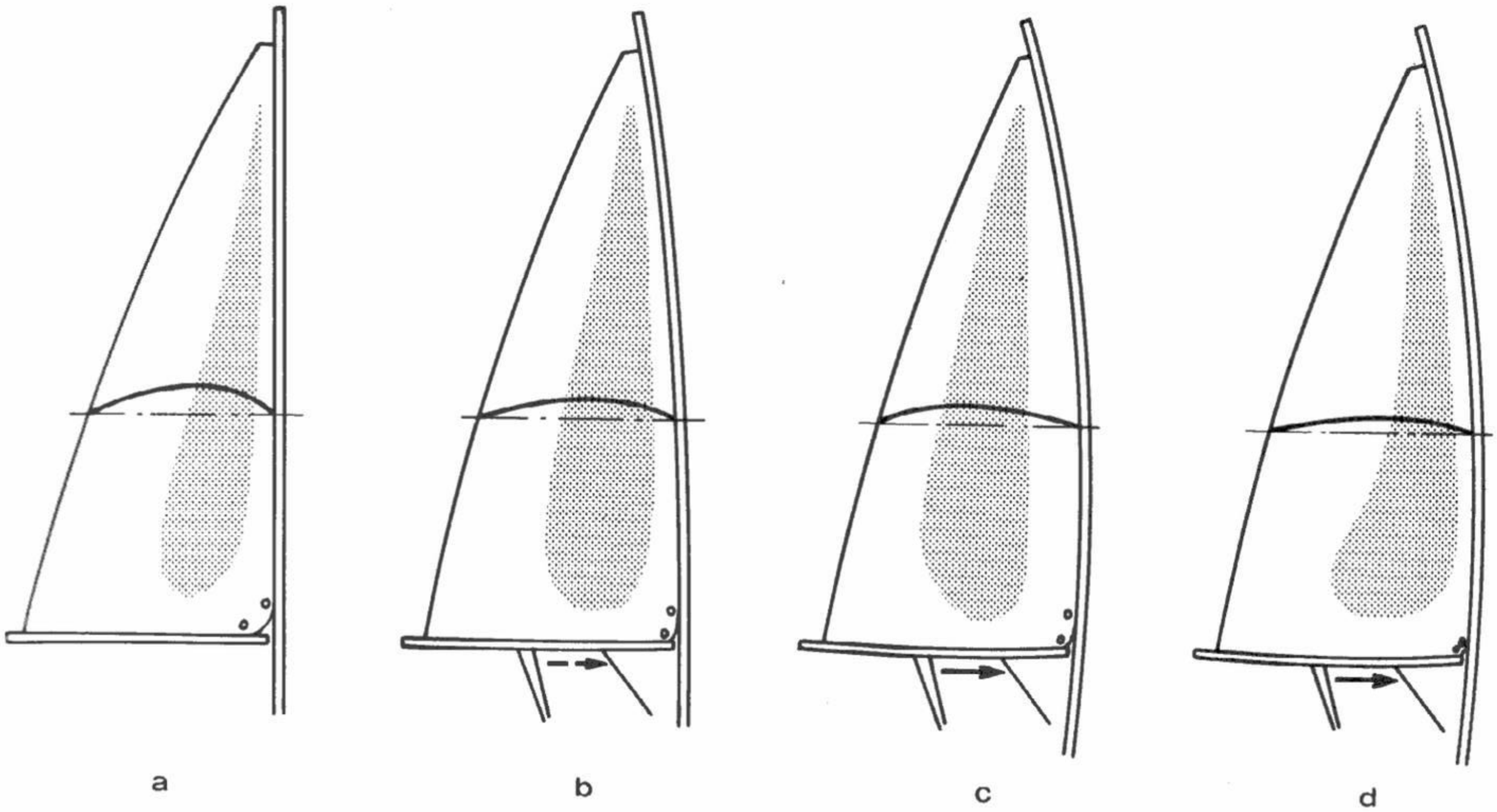


Figure 5-11 — *Ajustage de la forme :*
a) vent faible : creux maximum ;
b) vent moyen : la poussée de la bôme aidée par le hale-bas cintre le mât vers l'avant et diminue le creux ; le point d'amure inférieur commence à être étarqué ;
c) vent fort : le cintrage du mât n'est plus suffisant pour reprendre le creux qui part vers l'arrière et remonte ;
d) il faut étarquer à bloc les deux points d'amure pour réduire le creux et le ramener vers l'avant et le bas.

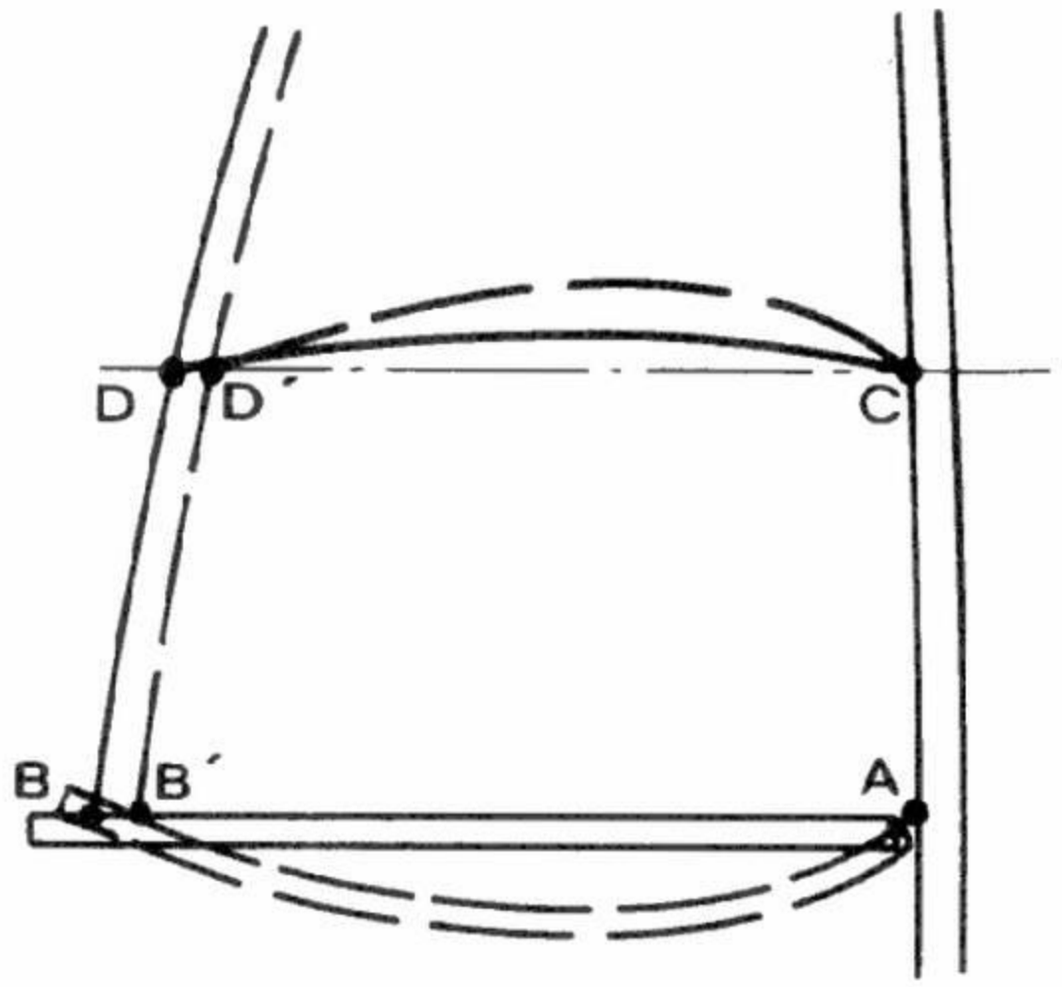


Figure 5-12 — *Le cintrage de la bôme ne permet pas de diminuer le creux, il ne peut que le descendre.*

Un manque de tension des ralingues se reconnaîtra également par un pli allant du point d'écoute au point de drisse en passant par les extrémités des lattes sans que nécessairement la chute referme.

Il ne faut pas oublier ici l'influence du réglage de l'écoute et du hale-bas. En effet une relation existe toujours entre la tension de la chute et du guindant. En étarquant le guindant on ouvre la chute de même qu'en détendant la chute on retend le guindant.

D'une façon générale à un même angle d'ouverture de bôme, une écoute ou un hale-bas trop bordés, même si le point de tire de l'écoute est relativement sous le vent, fermeront la chute, alors qu'une écoute choquée et dont le point de tire est remonté au vent ouvrira la chute.

C'est avant tout la valeur et l'équilibre des tractions verticales dans le guindant (par le palan d'étarquage ou le cunningham) et dans la chute (par l'écoute et le hale-bas) que l'on commande la valeur et la position du creux.

Lorsque l'ajustage semble à peu près convenable on peut passer à l'étude de la forme même de la voile et surtout de sa régularité.

Il semble que la forme que recherchent actuellement les voiliers soit relativement complexe. Les sections horizontales *(fig. 5-13)* se divisent sensiblement en trois parties de courbure variable. Le tiers avant, perdu dans le déventement du mât est plutôt plat. Le second tiers est également assez plat et sensiblement parallèle à la corde de

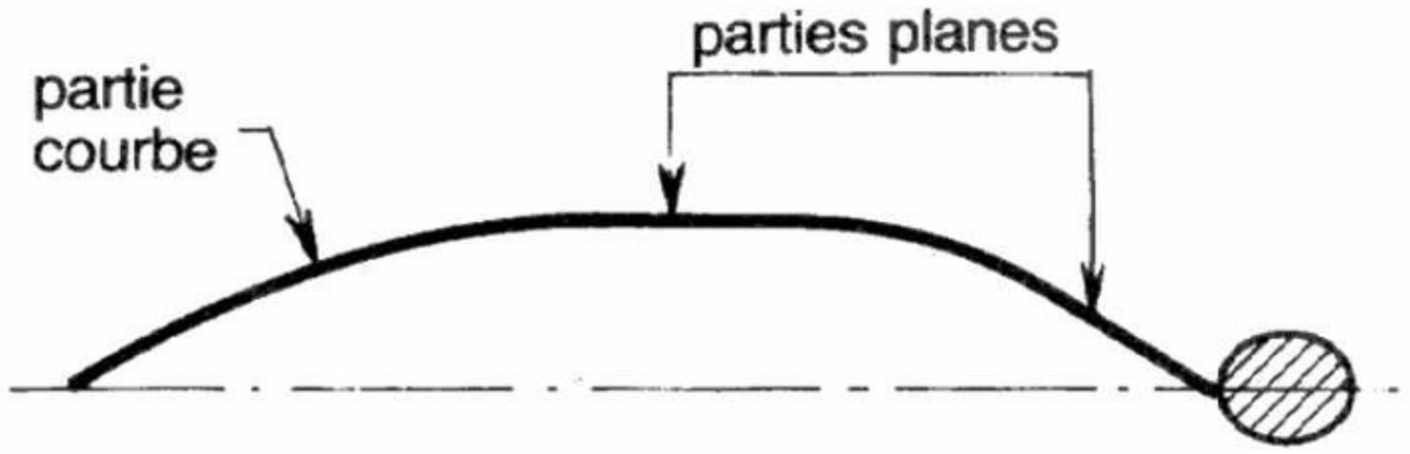


Figure 5-13 — *Section type d'une grand-voile moderne.*

la section. Il se raccorde sans inflexion avec le tiers arrière particulièrement courbe.

Plus le vent est fort, plus la partie centrale avance et plus s'aplatit la partie arrière. Il est évident que cette forme n'est valable que pour les grand-voiles de sloop avec foc à recouvrement. Sur un cat-boat les sections auront une courbure régulière.

Par le jeu des pinces et du forcement des coutures dans le guindant et la chute (en longueur, en valeur et en forme) il est possible de modifier la forme des sections. Cependant ce qui importe plus encore que la forme elle-même c'est la régularité de celle-ci du haut en bas de la voile.

— En augmentant ou en réduisant la largeur d'une pince on augmente ou on diminue la flèche de la section concernée *fig. 5-14 a).*

— En allongeant ou en réduisant la longueur d'une pince on déplace le point de départ de la courbe *(fig. 5-14 b).*

— Une pince dont les côtés sont rectilignes provoque un brusque changement de forme avec un point d'inflection net *(fig. 5-14 c).*

— Une pince dont les côtés, courbes, tangentent à leur extrémité donne un changement de forme progressif *(fig. 5-14 d).*

Bien qu'au près (sauf par vent faible) le nerf de chute doive être complètement relâché, on pourra l'utiliser, si la chute déverse, pour étudier quel sera l'effet d'un resserrement des coutures.

On vérifiera également la progression de l'ouverture des sections qui commandent le dévers de la voile.

Au cours de tous ces ajustages, il faudra observer le comportement relatif du mât et de la voile, surtout par vent fort. Si des plis partent en diagonale du point d'écoute vers le haut de la voile *(fig. 5-15),* on peut être assuré que l'ensemble du mât est trop raide. Si les plis se dirigent droit vers le capelage de l'étai, la partie supérieure du mât (ou la partie arrière de la bôme) est trop souple et la partie basse trop raide. Cela s'accompagne en général d'un

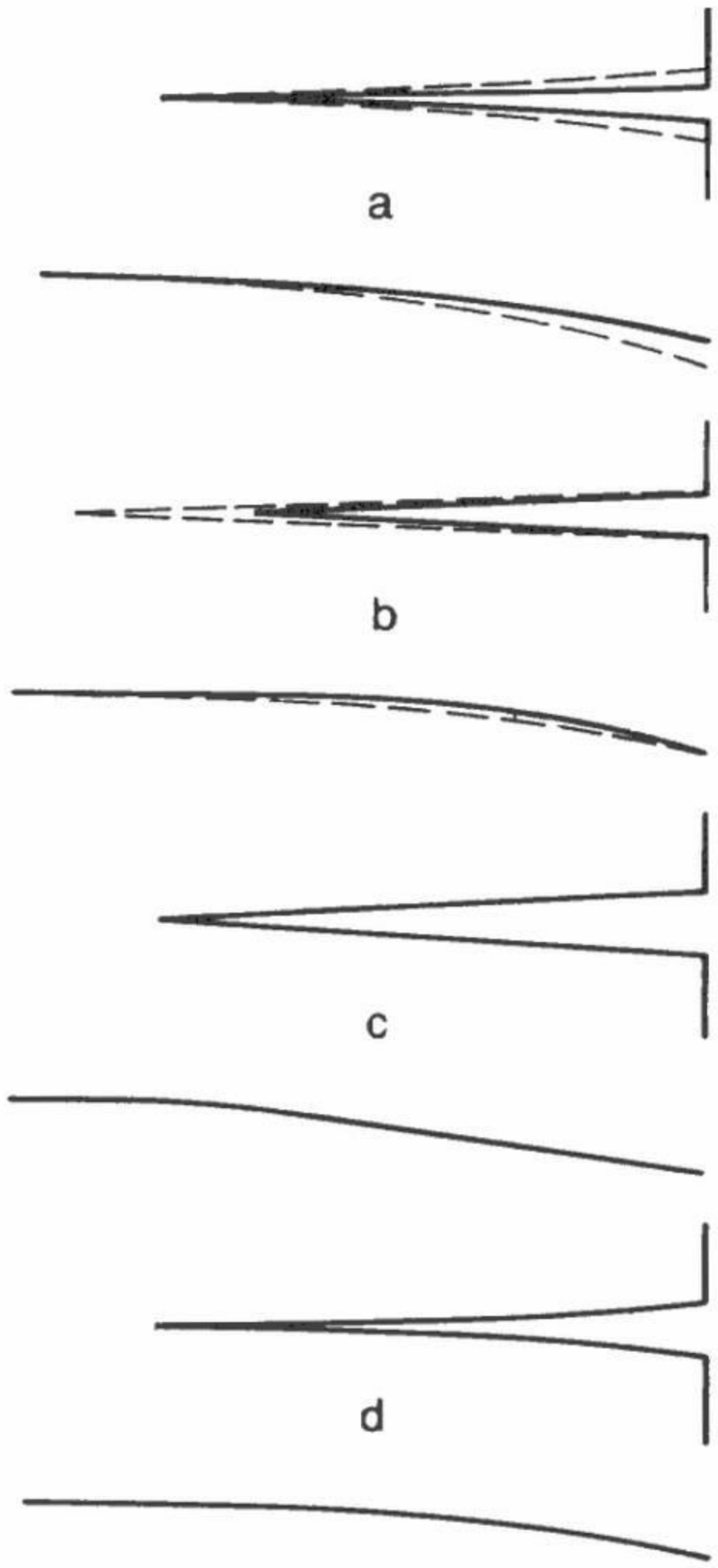


Figure 5-14 — *Variation de la courbure des sections d'une voile selon le travail sur la pince.*

dévers de la partie de la voile située au-dessus du pli et d'une poche dans la partie située au-dessous.

Si la partie inférieure du mât est trop souple ou la bôme trop raide, le restant étant correct, les plis se dirigeront vers cette partie inférieure et il se produira une cassure le long des lattes accompagnée d'une fermeture de la chute.

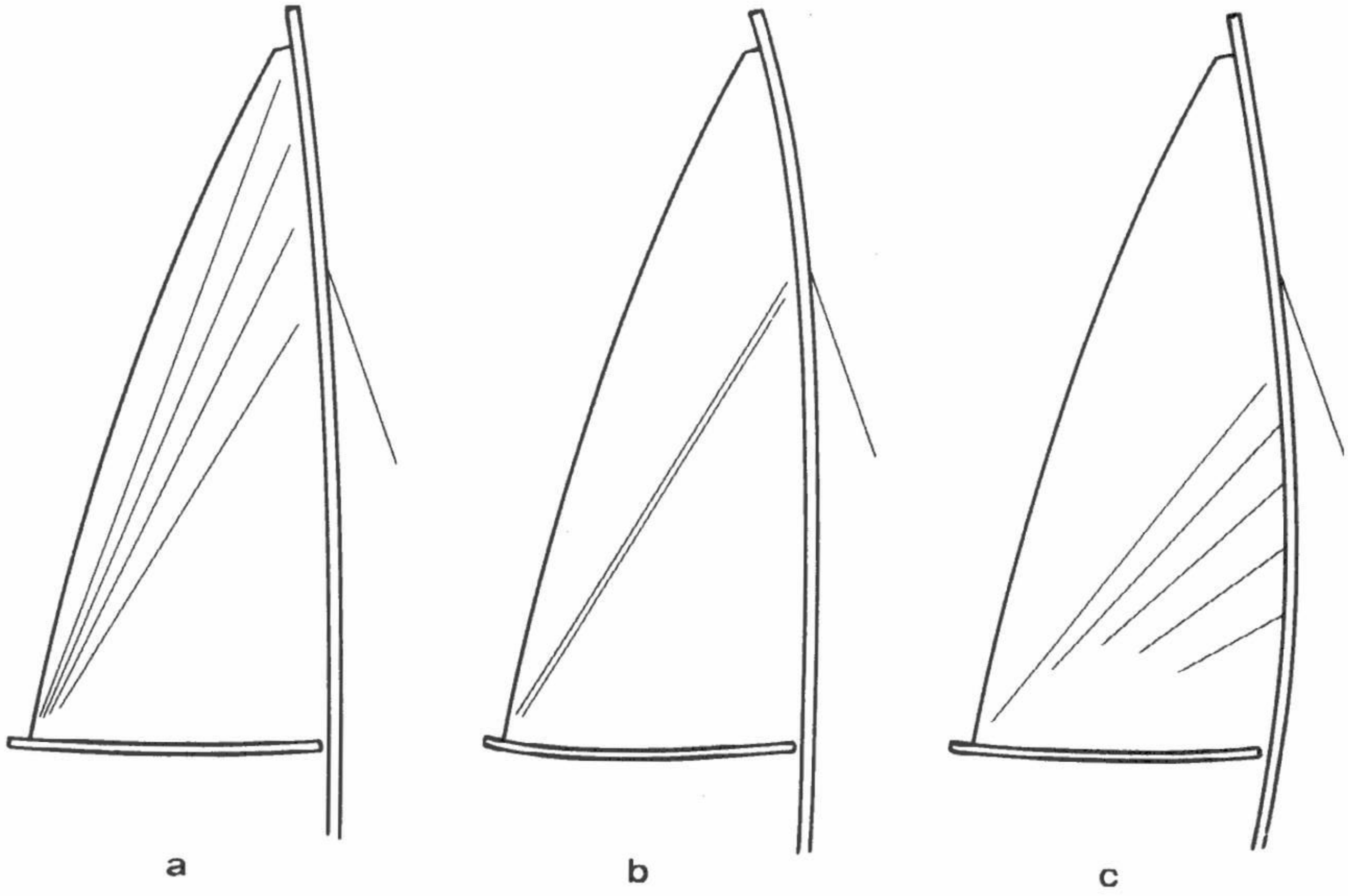


Figure 5-15 — *Mauvaise adaptation de la voile et du mât :*
a) mât trop raide ;
b) partie supérieure du mât ou partie arrière de la bôme trop souples ;
c) partie inférieure du mât trop souple.

Il ne faut pas oublier enfin, que la forme des espars peut être modifiée par la tension du hale-bas de bôme et la position du point de tire de l'écoute sur la bôme.

Lorsqu'il n'est pas possible de corriger ces défauts sur le mât lui-même (mât métallique), il faudra travailler la voile en lui donnant plus de rond dans les endroits où le mât est trop souple. C'est là une opération délicate qui ne peut être effectuée qu'avec le concours du voilier.

AJUSTAGE DU FOC SEUL

Le foc hissé et étarqué normalement ne doit présenter aucun défaut le long de la ralingue.

Si en certains points du guindant il se produit des plis non perpendiculaires à la ralingue, c'est que la tension de celle-ci n'est pas régulière. Il faut défaire la couture d'étranglement, si c'est une ralingue métallique ou en cordage, et régulariser cette tension en faisant coulisser la gaine avant de refaire la couture. Si c'est une ralingue en sangle il faut la découdre, revérifier les repères sur la sangle et la voile et recoudre.

Des fronces en éventail peuvent se produire au niveau des coulisseaux, si ceux-ci sont montés trop serrés.

Après avoir bordé l'écoute de façon à remplir la voile correctement à un angle correspondant à un près pas trop serré, on observe les points suivants :

- *Les trois points*

Des plis partant en éventail des trois points de la voile sont extrêmement fréquents. Personnellement, je pense que chaque centimètre carré de voile doit servir ; c'est pourquoi, contrairement à une opinion assez répandue, j'estime que le voilier doit éviter ces plis par un tracé approprié de la zone limitrophe des trois points et une étude correcte des renforts.

Mais il se peut également que, aux points de drisse et d'amure, des plis se forment par suite de l'absence de mousqueton assez proche de ces points ou d'un décalage de la broche ou du mousqueton de point d'amure *(fig. 5-16)*. Il faut alors modifier l'attache du point d'amure ou rajouter un mousqueton ou une manille.

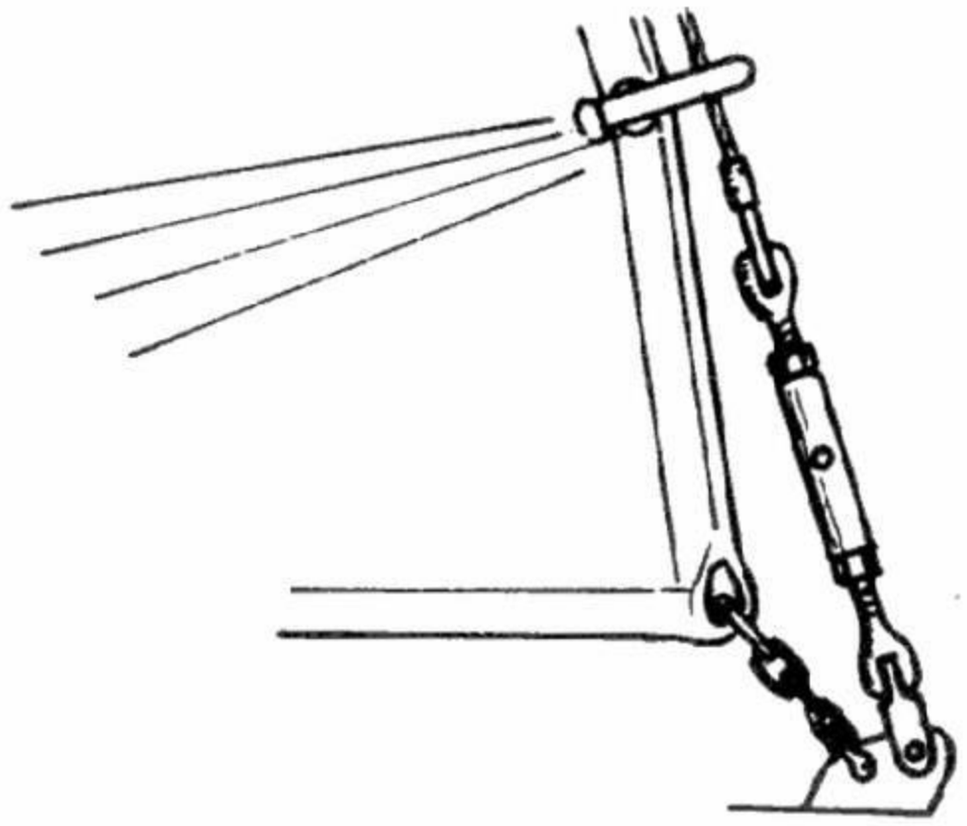


Figure 5-16 — *Point d'amure de foc mal positionné.*

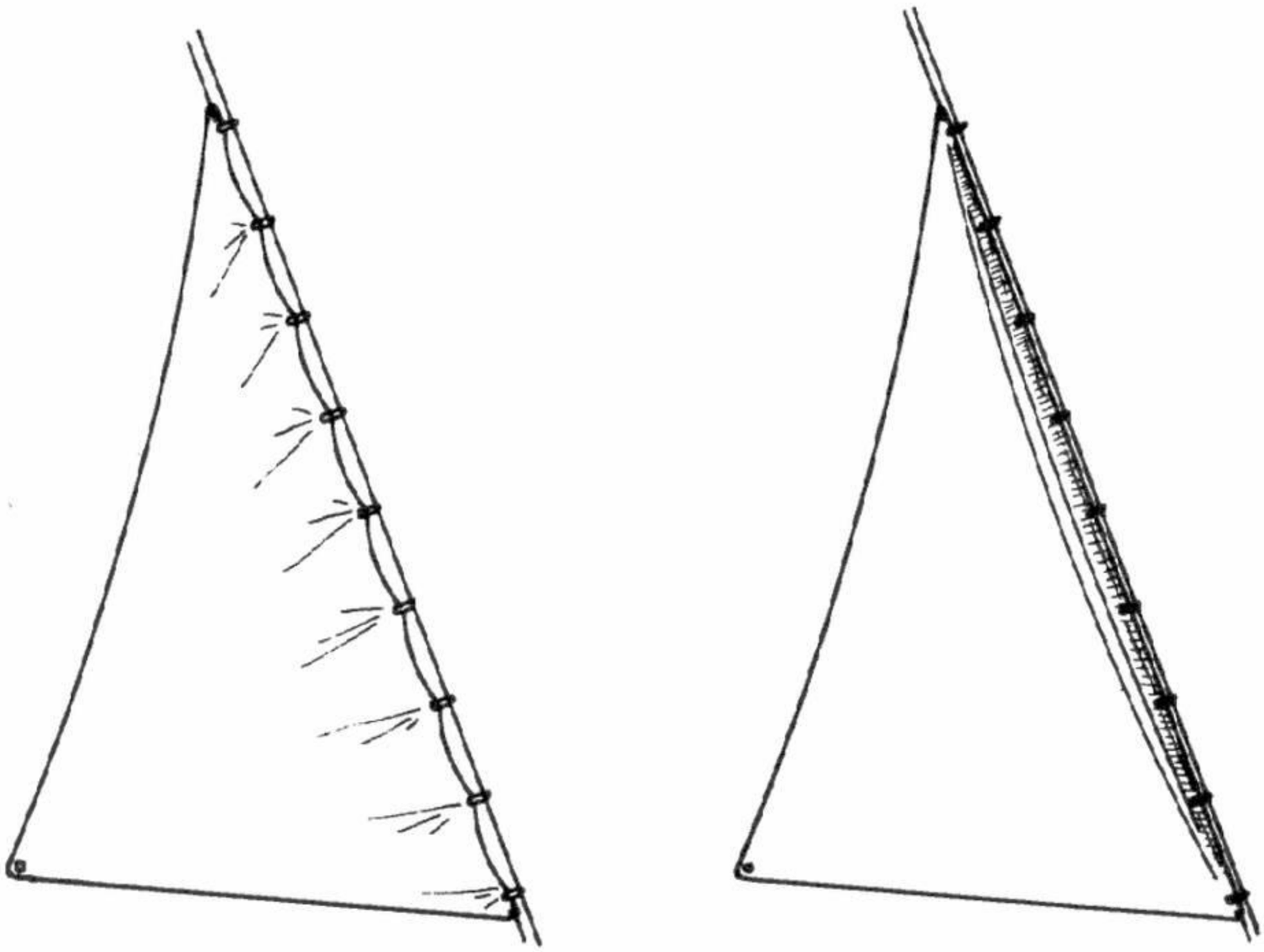


Figure 5-17 — *Foc mal étarqué.*

- *Le guindant*

Si des plis partent en éventail de chaque mousqueton, le guindant n'est pas assez étarqué, alors qu'un pli parallèle demandera un relâchement *(fig. 5-17)*.

Lorsqu'il n'y a pas de pli au niveau des mousquetons, mais des plis partant en direction du point d'écoute depuis divers endroits, cela provient d'un défaut dans le réglage de la tension du tissu et de la gaine, à moins que ce ne soit dû à une incompatibilité de leurs élasticités propres.

- *La chute*

C'est, comme pour la grand-voile, une des parties les plus importantes. Les sections horizontales doivent se terminer à son niveau suivant une droite. Toute forme concave, gaine roulée ou autre, est extrêmement défavorable, on peut être sûr que cela conduira à un mauvais écoulement entre le foc et la grand-voile. D'un autre côté, si la chute déverse sur son bord, il se produira un fasseyage qui n'est pas non plus favorable.

La position du creux sera modifiée par la tension de la ralingue. Cependant, si celle-ci est en acier, les possibilités sont limitées. Pour les voiles de grands bateaux qui correspondent chacune à une force de vent déterminée, il faudra modifier la position du creux pour cette force de vent en réglant la tension du tissu par rapport au câble ; c'est une opération qui ne peut guère être effectuée que par un voilier.

On peut constater au bout de quelque temps d'utilisation un défaut d'uniformité du creux sur la hauteur du guindant. Cela provient d'un glissement de la gaine sur la ralingue, généralement par suite de la rupture de la couture d'étranglement. Là encore, le voilier seul peut intervenir.

Ceci ne risque pas de se produire avec un foc à ralingue réglable. Ce dispositif n'est utilisable que sur des dériveurs ou des voiles légères, drifters et reachers, ou sur des voiles enverguées sur des profilés d'étai. C'est alors par l'étarquage de la drisse, du palan d'amure ou du cunningham que se fait l'ajustage de la position du creux du foc.

La forme et la position initiales de ce creux semblent actuellement moins bien définies que pour les grand-voiles. Les deux éléments à considérer sont essentiellement les angles d'entrée et de sortie des sections *(fig. 5-18)*.

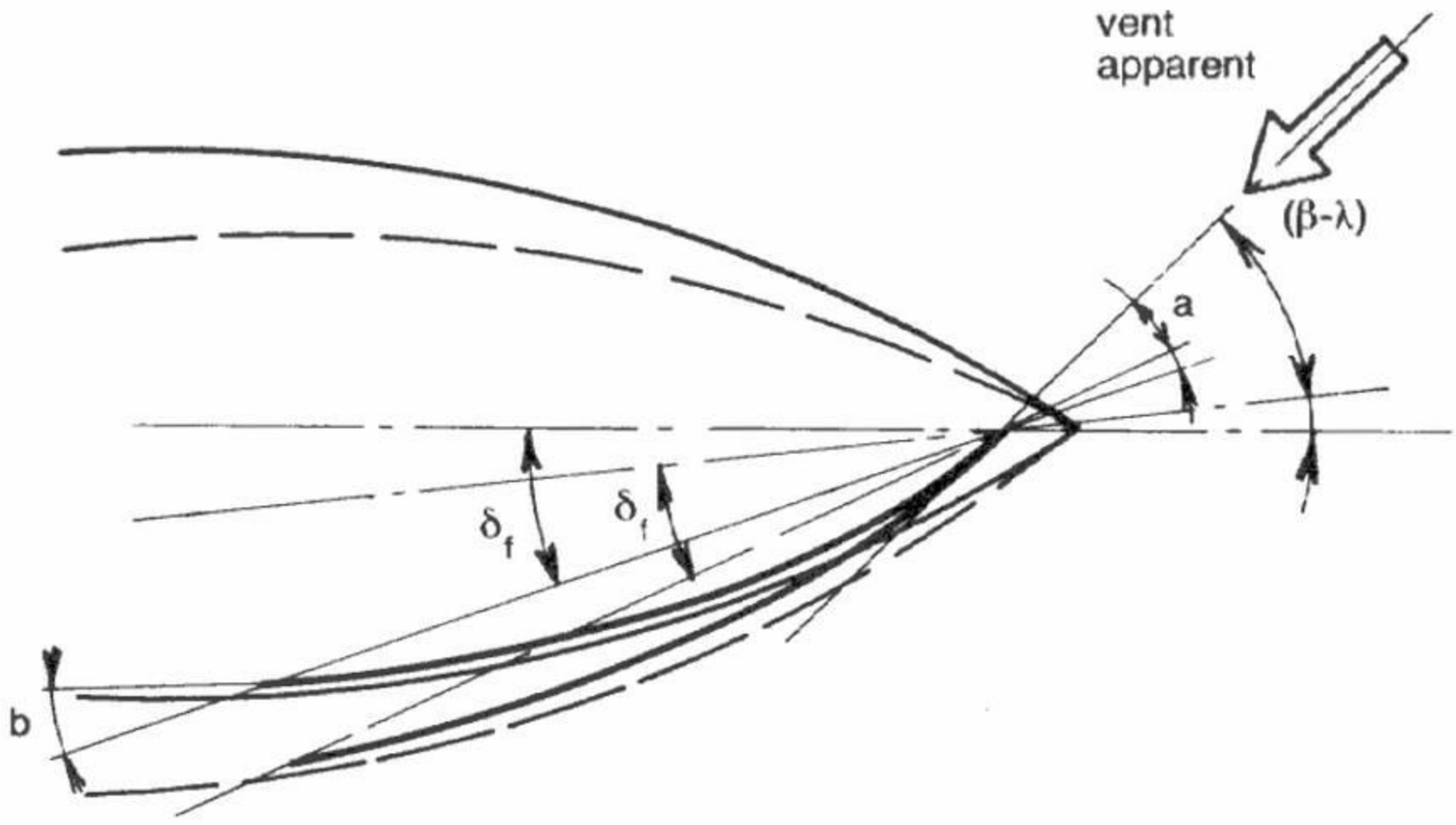


Figure 5-18 — *Les angles d'entrée (a) et de sortie (b) définissent l'angle d'incidence,* l'angle d'ouverture δ_f et par conséquent l'angle du bateau avec le vent apparent (β-λ)

Plus l'angle d'entrée est faible, plus l'angle d'incidence avec le vent peut être réduit; l'angle du bateau avec le vent apparent pourra être plus faible.

Plus l'angle de sortie est faible, plus l'angle d'ouverture δ_f pourra être réduit ; l'angle du bateau avec le vent apparent pourra être plus faible.

Malheureusement si l'on veut réunir ces deux conditions on obtient un foc qui manque de creux *(fig. 5-19 a)* ou dont les sections sont cassées *(fig. 5-19 b)*.

Il faudra donc faire un choix en fonction des conditions de navigation.

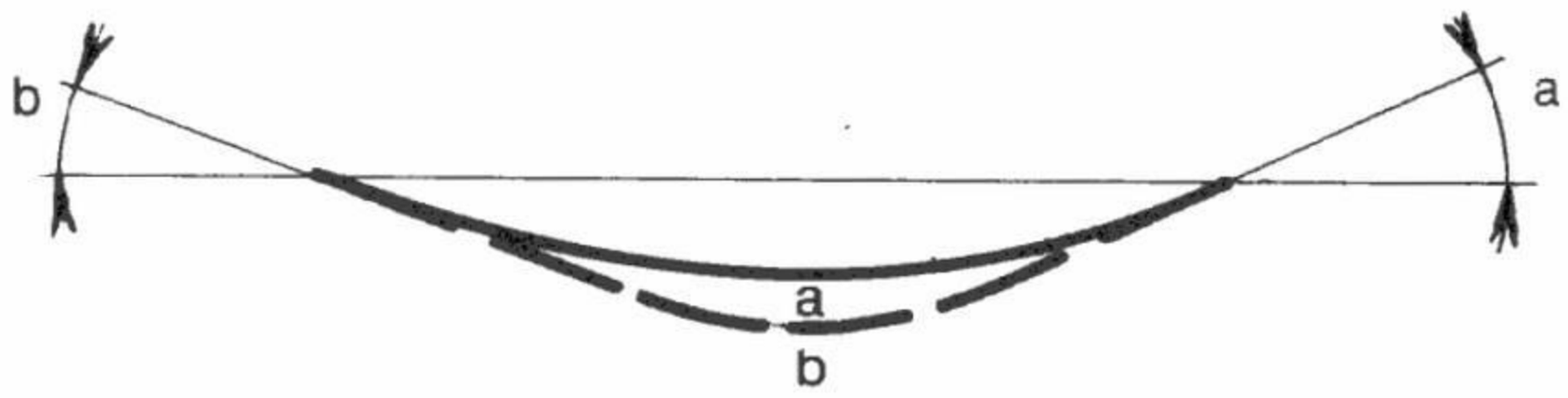


Figure 5-19 — *Pour de mêmes angles d'entrée et de sortie on peut obtenir une section de courbure régulière mais de flèche réduite, (a), ou une section «cassée» mais de flèche plus importante (b).*

Par très petit temps (force 0 à moins de 1) le vent ne peut subir de forte déviation sans décrocher de la voile, le creux devra donc être réduit.

Au près sur eau plate on recherchera l'angle de vent apparent minimum, les sections pourront donc avoir un creux reculé à 40 ou 45 % de la corde. En eau agitée c'est la vitesse du bateau qui primera, par conséquent le creux pourra être avancé vers 35 à 40 % et, surtout, l'angle d'entrée sera augmenté.

Par vent moyen (force 1 jusqu'à 3) le creux pourra être plus important mais sa position restera fonction de l'état de la mer.

A partir de force 3 la valeur du creux sera fonction de la stabilité du bateau, elle se réduira donc progressivement. Le creux sera lui toujours vers l'avant (35 à 40 %).

La forme précise des sections dépendra, comme pour la grand-voile de la valeur et de la forme du recouvrement des coutures et des pinces.

- *L'étai*

Bien sûr, au cours de ces ajustages, il faudra s'assurer que l'étai ne prend que le minimum de flèche compatible avec le tracé du guindant. Sinon, le creux du foc augmentera et se reportera vers l'arrière et renverra automatiquement l'air dans la partie avant de la grand-voile *(fig. 5-20)*.

La raideur du guindant est un des facteurs les plus importants de la qualité de remontée dans le vent d'un voilier et tout doit être mis en œuvre pour l'obtenir.

Le pataras pour un gréement en tête, les bastaques pour un 7/8, la longueur et l'angle des barres de flèche sur un dériveur sont les vecteurs de ce réglage.

REGLAGE DES DEUX VOILES ENSEMBLE

Sur un sloop, cas le plus général, le réglage global des voiles en vue d'obtenir un rendement optimum en fonction des conditions de vent et de mer implique d'une part une intervention sur l'ajustage de chacune d'entre elles, que nous venons d'étudier, et d'autre part leur réglage relatif en fonction de l'allure, de la force du vent et, dans certains cas, de l'état de la mer.

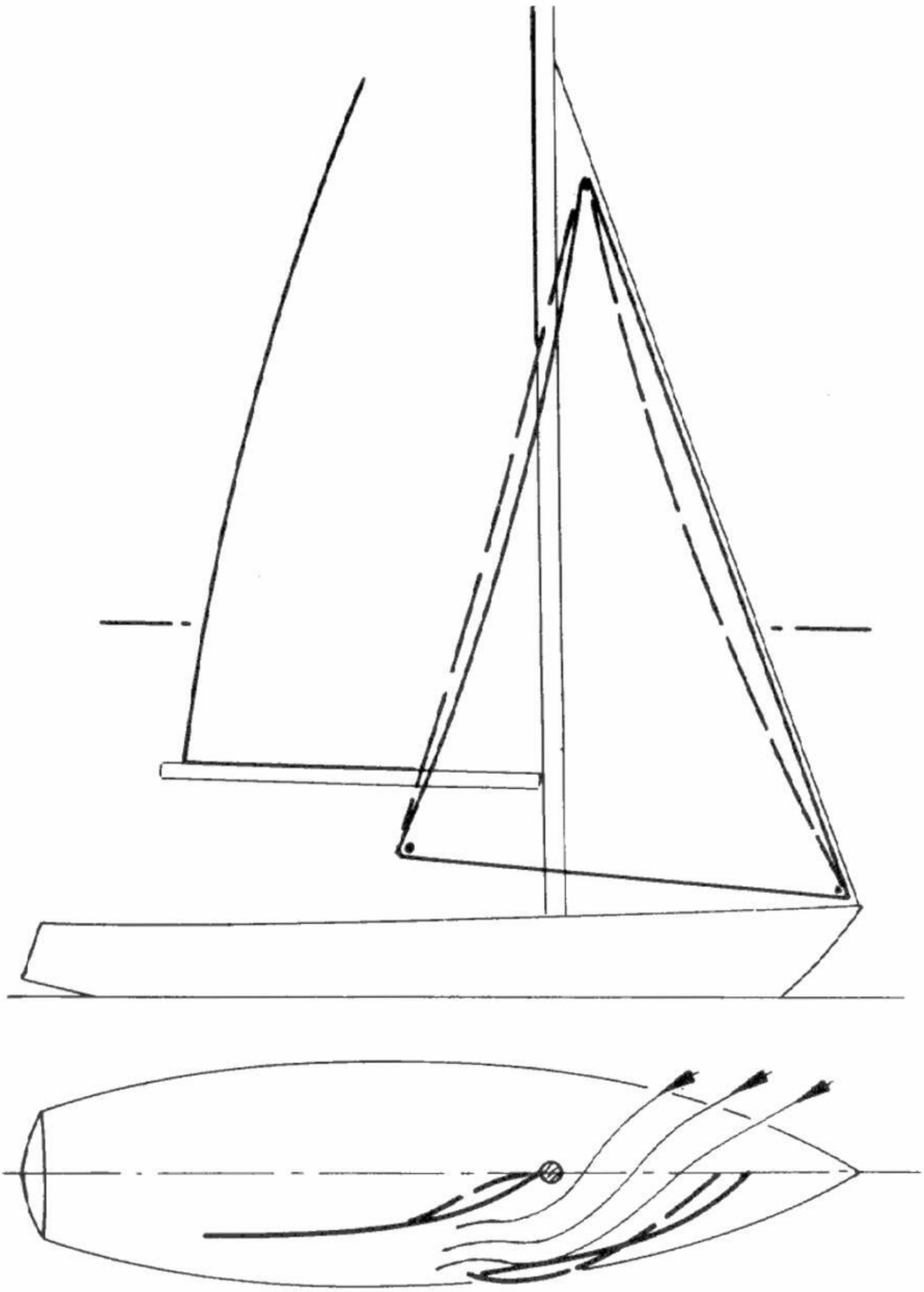


Figure 5-20 — *Un guindant mal tendu fait reculer le creux du foc qui renvoie l'air sous la grand-voile.*

Il est bien évident que les principes que nous développerons ici ont un caractère général et devront être modulés en fonction du type et de la taille du bateau (dériveur ou croiseur), du type de gréement (en tête, 7/8 ou 3/4), mais si, selon ces cas, les moyens de parvenir au résultat sont différents, les buts à atteindre sont semblables.

C'est bien sûr par le près, allure où les effets du réglage sont les plus importants que nous commencerons.

Et c'est le foc qui en constituera le point de départ, avec la détermination d'une position moyenne de son point de tire, à partir de laquelle nous pourrons jouer.

- *Réglage moyen du point de tire du foc*

Les moyens mécaniques permettant d'effectuer ces réglages, s'ils sont très divers, sont rarement entièrement satisfaisants, soit qu'ils conduisent à des mécanismes fort complexes et de ce fait lourds et fragiles (rails mobiles ou orientables, rails croisés, etc.) soit qu'ils ne permettent pas de dissocier entièrement les déplacements longitudinaux et transversaux. Ce sont cependant généralement, pour les dériveurs légers, les dispositifs de la *figure 5-21*, les dérivés de ces derniers ou les doubles écoutes (pour les voiliers plus gros) qui offrent les meilleures possibilités pour la moindre complication.

Certaines séries de dériveurs n'autorisent pas le déplacement du point de tire du foc (Flying Dutchman par exemple). C'est alors par la modification de la quête du mât, ou par un déplacement en hauteur du point d'amure que l'ajustage pourra être obtenu.

Remonter le point d'amure ou redresser le mât équivaut à reculer le filoir ; le descendre ou augmenter la quête a l'effet inverse.

Ce dégrossissage du réglage devra se faire par un vent de force 2 environ et mer aussi peu agitée que possible.

On trouve dans de nombreux ouvrages des recettes plus ou moins élaborées fixant des angles entre la ligne amure-filoir et l'axe du bateau, pour la position latérale, et une direction variant entre la bissectrice et la médiane au point d'écoute pour la position longitudinale.

La plupart du temps, ces méthodes ne sont basées que sur des cas d'espèce correspondant à un type de bateau donné, mais s'avèrent complètement erronées lorsqu'elles sont appliquées à d'autres modèles.

A priori, on peut dire que le point de tire n'est jamais assez à l'extérieur, sauf sur des bateaux très larges. A titre d'exemple, les

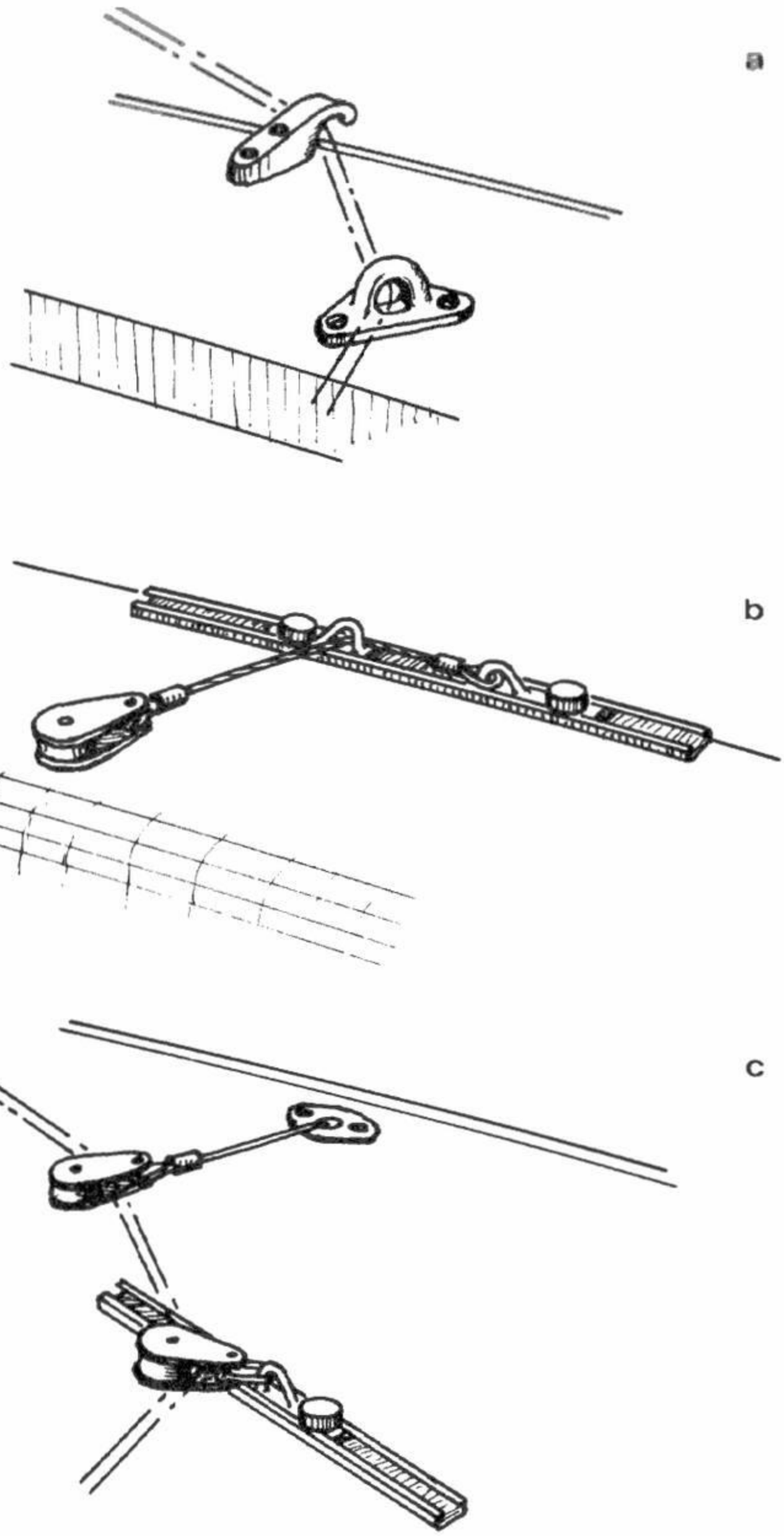


Figure 5-21 — *Trois dispositifs de réglage du point de tire :*
a) filoir ouvert pour le largue ;
b) la poulie est fixée sur un petit câble attaché sur le curseur arrière après être passé dans l'œil du curseur avant.

Le déplacement du curseur arrière seul règle l'écartement. Le déplacement simultané des deux curseurs règle la position longitudinale. Pour le passage du près au largue, on avance le curseur avant.
c) le « Barber hauler » est une poulie fixée sur un câble passant à travers le pont et épissé sur un bout bloqué dans un taquet coinceur. En tirant sur le bout on avance et écarte le point de tire.

essais en soufflerie effectués à l'Université de Southampton sur une voilure de Dragon donnent une variation de 7° 30' à 16° de l'angle δ_f *(fig. 5-22)* pour obtenir la force propulsive maximum dans une plage d'angle de vent apparent (β-λ) de 30° à 35° avec un angle de grand-voile δ_m de 5°. δ_f atteint 22° 30' avec un angle apparent de 40°.

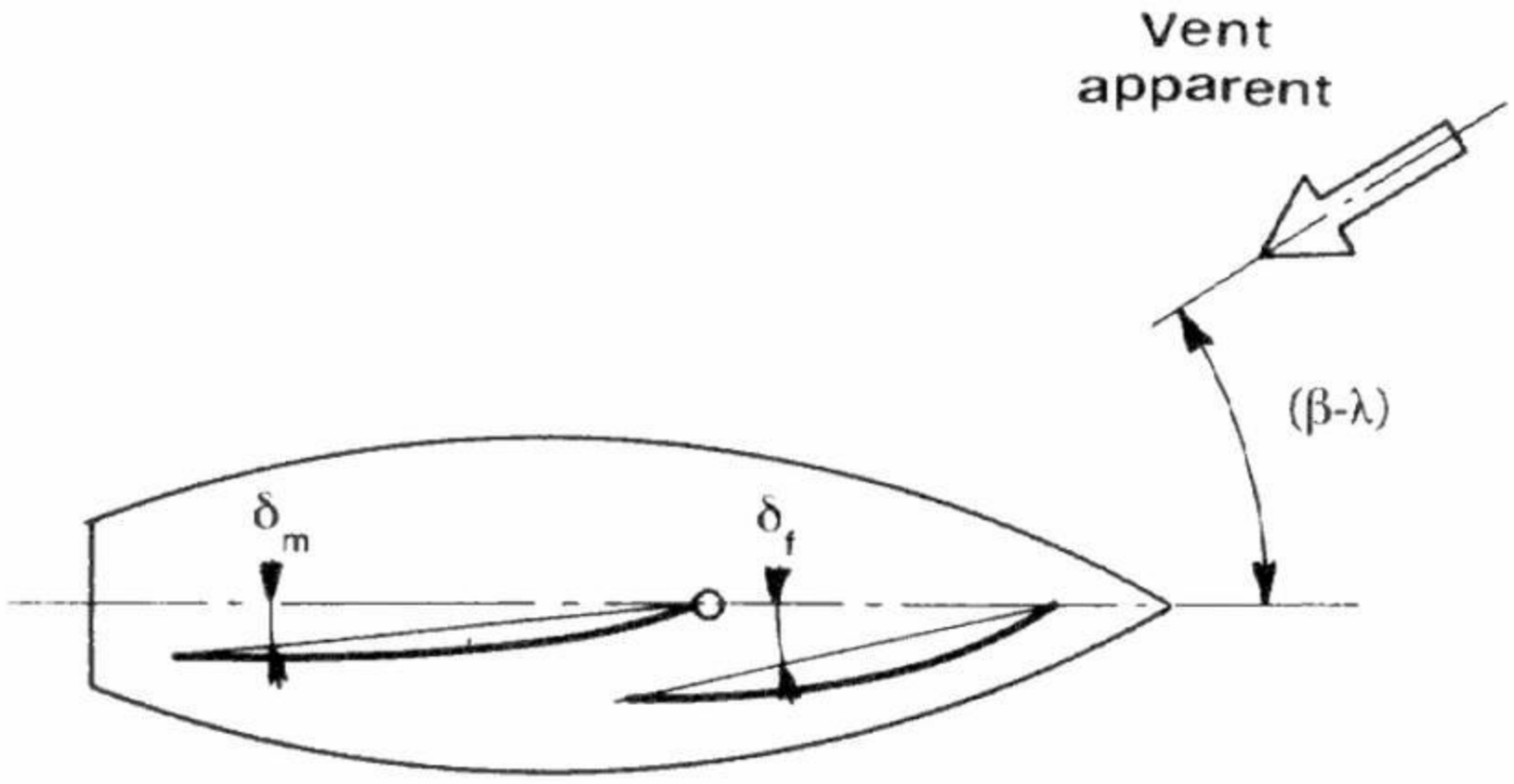


Figure 5-22 — *Définition des angles d'ouverture des voiles et du vent apparent.*

On voit donc qu'il est impossible de définir une règle absolue, l'angle d'ouverture dépendant de nombreux facteurs : largeur du bateau, recouvrement des voiles, valeur et position du creux des voiles, échancrure de la chute du foc, etc.

Mais voici une méthode qui vous permettra de trouver la meilleure position moyenne.

La grand-voile est tout d'abord amenée dans une position moyenne, bôme légèrement sous le vent de l'axe du bateau, chute parallèle à l'axe sur toute sa hauteur.

On partira d'une position du filoir délibérément trop en arrière et sur le liston. Dans ces conditions, le haut du foc va fasseyer alors que la bordure sera tendue en ligne droite. Normalement, la grand-voile ne doit pas être déventée.

On avance alors le filoir progressivement jusqu'à ce que la chute cesse de battre. On vérifie en loffant que le guindant s'affaisse en même temps sur toute sa hauteur et que le comportement des brins de laine reste uniforme du bas au haut du guindant. On rapproche le filoir de l'axe du bateau, jusqu'au moment où l'avant de la grand-voile se dévente *(fig. 5-23)*. Le point précédant le déventement doit être le bon ; il peut cependant être nécessaire de retoucher légèrement le réglage longitudinal.

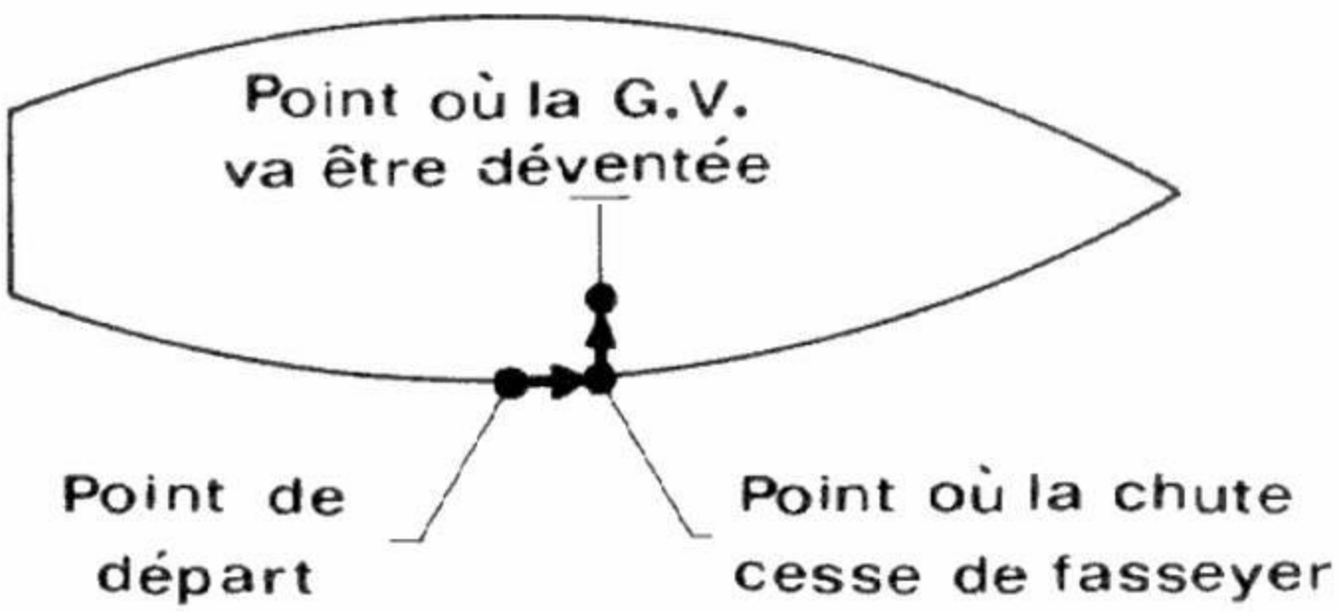


Figure 5-23 — *Réglage du point de tire des focs.*

On obtient ainsi un mariage correct de la courbure de la chute du foc avec la partie de la voile correspondante. Ceci est particulièrement remarquable en regardant le bateau sous le vent et presque de l'arrière *(fig. 5-24)*. La chute se trouvera alors à la limite du

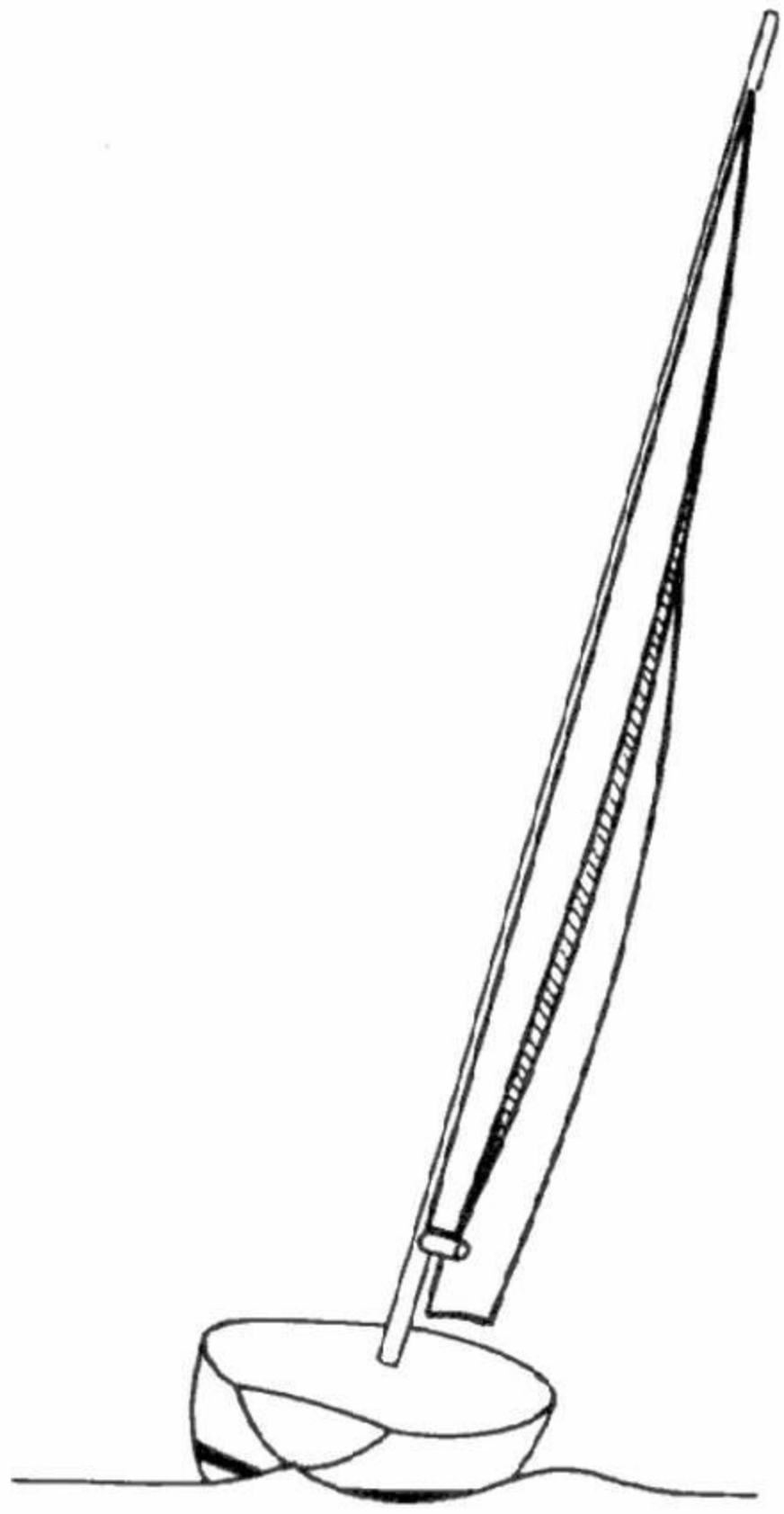


Figure 5-24 — *Vues de l'arrière, légèrement sous le vent, les chutes des deux voiles doivent être le plus parallèles possible.*

fasseyage, ce qui suppose une réalisation parfaite de cette partie si délicate de la voile.

Tous les brins de laine, sur le guindant du foc et sur les chutes de celui-ci et de la grand-voile doivent rester collés aux voiles et se diriger normalement vers l'arrière.

Si une chute referme on constatera par exemple que les brins sous le vent se décollent et tombent.

Il reste alors à rentrer le tout, grand-voile et foc, jusqu'à obtenir le meilleur compromis cap-vitesse. Tout l'art de la navigation au plus près réside dans ce réglage.

MODIFICATIONS DES REGLAGES EN FONCTION DE L'ALLURE ET DES CONDITIONS DE MER ET DE VENT

Partant du réglage moyen précédemment obtenu nous allons voir maintenant les critères qui guideront les modifications de ce réglage.

Au près

Vent de 0 à moins de 1

Les creux doivent être réduits pour éviter le décrochage des filets d'air et ramenés vers le milieu des voiles. Le creux du foc sera presque centré avec une attaque plate, sauf si l'eau est agitée (drisse un peu plus étarquée). Le gradient du vent (sa différence de vitesse entre le bas et le haut de la voile) est important, le vrillage des voiles est donc nécessaire. Les guindants sont modérément étarqués de même que le palan d'étarquage de point d'écoute de grand-voile. Si celle-ci est équipée d'un ris de fond, il sera fermé. Il faudra suivre attentivement les brins de laine qui seuls révèleront le décrochage possible.

Le réglage de l'ouverture des voiles sera dicté, pour la grand-voile par l'équilibre à la barre (les quillards sont mous dans ces conditions) et, pour le foc, par le rapport cap-vitesse ; la position sera généralement moyenne.

Vent de 1 à moins de 3

La vitesse du vent est suffisante pour ne plus craindre le décrochage, les voiles peuvent fournir leur maximum de puissance, le creux doit donc être aussi maximum, bien que par mer plate il puisse être un peu réduit dans le but de diminuer l'angle de remontée au vent. Il y a ici un compromis à trouver. La grand-voile a un grand rôle à jouer dans l'équilibre de la barre et il ne faut pas avoir peur d'amener la bôme dans l'axe par le chariot de barre d'écoute pour éviter que le bateau soit mou. Plus le vent force moins cela devient nécessaire, le chariot d'écoute vient progressivement sous le vent en même temps que l'écoute est bordée. A partir du moment où la chute a une position correcte par la tension de l'écoute, c'est par celle de la drisse et (ou) du palan d'amure, puis du cunningham que s'effectue l'ajustage de la forme. Pour le foc le guindant sera étarqué progressivement pour maintenir la position du creux vers les 40-45 %.

Le gradient du vent étant généralement plus favorable avec un vent fraichissant, on pourra donc partir avec un dévers réduit et avancer le point de tire du foc. Mais au fur et à mesure que le vent force et que la surface de voile maximum commence à surcharger le bateau, il faudra augmenter le dévers, en étarquant le cunningham sur la grand-voile et le foc et en reculant le point de tire sur ce dernier. Il faut vérifier que les deux chutes de foc et de grand-voile restent parfaitement en harmonie.

Un clapot ou une mer formée nécessiteront toujours une ouverture des voiles plus grande et un creux de foc plus avancé que pour une mer plate.

Vent supérieur à 3

C'est généralement à partir de la force 3 (sauf pour des bateaux lourds et peu voilés) que l'on commencera à réduire la surface.

La grand-voile arisée doit conserver une forme convenable et ne pas être transformée en planche.

Le chariot de grande écoute étant décalé sous le vent pour équilibrer correctement le bateau, qui devient de plus en plus ardent, l'écoute est souquée (aidée au besoin par le hale-bas de bôme) la chute est réglée par la tension de la drisse. Elle ne doit surtout pas fermer et sa forme doit rester régulière du haut en bas. Ne vous inquiétez pas trop du guindant qui peut être tendu ou déventé par le mât.

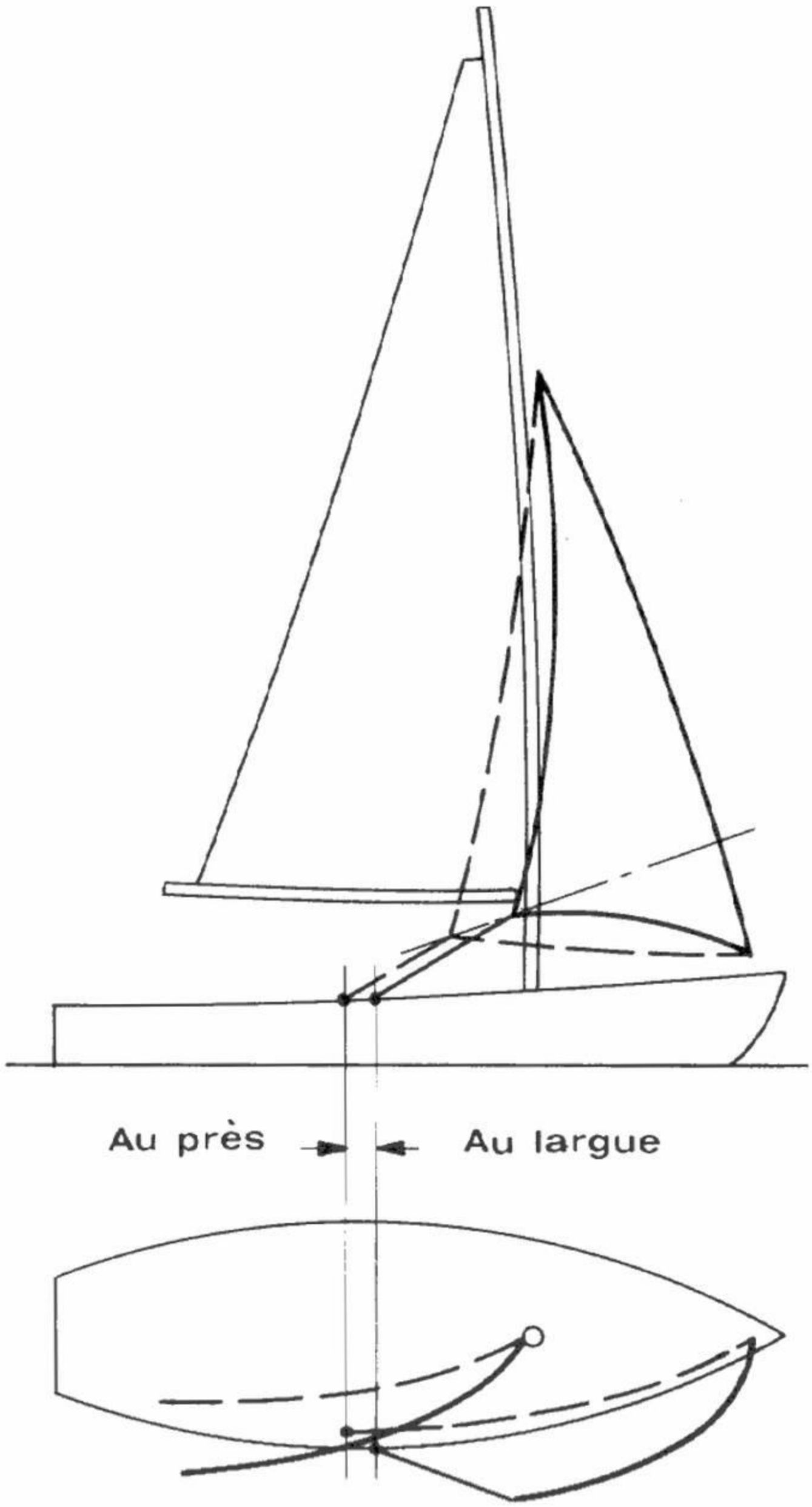


Figure 5-25 — *Au largue, il est généralement nécessaire d'avancer le point de tire du foc en même temps qu'on l'écarte au maximum.*

Pour les focs l'angle d'ouverture augmente également et il est surtout important de contrôler le guindant en évitant toute augmentation de la courbure de l'étai. La mer étant alors agitée les sections au guindant doivent être plus rondes et plus plates à la chute.

Au largue

Au fur et à mesure que l'allure devient plus arrivée, le creux des voiles sera augmenté au maximum (sauf peut-être pour la grand-voile par vent inférieur à 1). Pour la grand-voile, drisse, cunningham, palan de point d'écoute sont choqués, les ris de fond ouverts. Par contre le nerf de chute sera retendu pour éviter que la chute tombe sous le vent. Le dévers sera réglé par le hale-bas. L'ouverture sera bien sûr réglée par le chariot puis par l'écoute.

L'étai de foc pourra être détendu et le cunningham largué. Le point de tire sera naturellement débordé au maximum et avancé au fur et à mesure que l'on choquera l'écoute *(fig. 5-25)*. Le reacher, lorsqu'il y en a un, permettra facilement d'aboutir à un résultat correct en passant l'écoute en bout de bôme.

Au vent arrière

La voile la plus importante devenant le spinnaker, c'est en fonction de lui que se fera le réglage. Les brins de laine sont alors particulièrement utiles pour contrôler l'écoulement.

Sur les voiliers d'une certaine taille le hale-bas sera pris sur le rail de fargue légèrement en avant de la bôme.

L'ajustage de la grand-voile sera le même que pour le largue mais le pataras ou les bastaques devront être réétarqués (il n'y a plus de foc à creuser) car un cintre du mât vers l'arrière réduirait le creux de la grand-voile.

Le tableau 5-I résume toutes les opérations décrites, mais encore une fois ces règles ne sauraient être absolues et doivent être adaptées à chaque type de voilier et de gréement.

Par ailleurs la flexibilité des espars apportera un paramètre nouveau dans les possibilités de réglage, dont voici les généralités.

Une mâture souple bien conçue doit prendre du « ventre » vers l'avant et légèrement au vent, ce qui réduit le creux de la grand-voile. A ce moment le capelage d'étai recule et descend

TABLEAU 5-I

RÉGLAGE DES VOILES SELON LA FORCE DU VENT ET L'ALLURE

		AU PRES			LARGUE		VENT ARRIÈRE
		0 à < 1	1 à < 3	> 3	< 3	> 3	
GRAND-VOILE	Creux	Moyen	Maximum	Réduit	Maximum	Maximum	Maximum
	Position du creux	Centré	Centré	Avancé	Centré	Centré	Centré
	Cintrage du mât	Forcé	Sans	Naturel ou forcé	Inversé	Inversé	Sans
	Drisse et (ou) cunningham	Moyt étarquée	Choquée	Etarquée	Choquée	Choquée	Choquée
	Point d'écoute	Moyen	Choqué	Etarqué	Choqué	Choqué	Choqué
	Ris de fond	Fermé	Ouvert	Fermé	Ouvert	Ouvert	Ouvert
	Nerf de chute	Relâché	Relâché	Relâché	Tendu	Tendu	Tendu
	Ecoute	Choquée	Moyenne	Bordée	Choquée	Choquée	Choquée
	Chariot d'écoute	Au vent	Dans l'axe	Sous le vent	Sous le vent	Sous le vent	Sous le vent
	Hale-bas	Choqué	Choqué	Etarqué	Etarqué	Etarqué	Etarqué
FOC	Creux	Moyen	Maximum	Réduit	Maximum	Maximum	Maximum
	Position du creux	Centré	Centré	Avancé	Centré	Centré	Centré
	Guindant	Moyt étarqué	Choqué	Etarqué	Choqué	Moyt étarqué	Choqué
	Ecoute	Choquée	Bordée	Bordée	Choquée	Choquée	Choquée
	Ouverture	Moyenne	Rentrée	Maximum	Maximum	Maximum	Maximum
	Point de tire	Reculé	Moyen	Reculé	Avancé	Avancé	Avancé

légèrement ce qui fait ouvrir la chute du foc. L'ensemble a pour effet de laisser un passage plus large à l'écoulement de l'air. D'autre part la partie libre du mât au-dessus du capelage permet, en tombant sous le vent d'augmenter le dévers de la grand-voile et de réduire le moment de chavirement.

LES SPINNAKERS

Pour un spinnaker on ne peut parler d'ajustage puisque la voile est entièrement libre sur ses trois côtés, il ne peut donc s'agir ici que de la correction des défauts.

En dehors des défauts qui sont inhérents à chaque type de coupe et que nous avons étudiés au chapitre III et des défauts de coutures ou de fabrication, il en est un certain nombre qui sont particuliers à tous les spinnakers.

Ils sont presque toujours causés par le désir du voilier ou du propriétaire, d'avoir le plus de surface de tissu possible dans les limites des dimensions imposées par la jauge.

C'est en particulier le cas pour les spinnakers IOR qui sont généralement affectés de trois défauts :

- *Les chutes*

Elles roulent vers l'intérieur parce que la longueur du tissu sous tension devient supérieure à celle des ralingues.

- *Le sommet*

Il forme une sorte de « sternum de pigeon » ou de pomme d'Adam parce que la partie rectiligne de la couture médiane est trop longue et l'arrondi du sommet de trop faible rayon et placé trop haut.

- *Les épaules*

Elles se resserrent en provoquant deux plis partant du sommet et se dirigeant vers le milieu de la chute. Cette fois, c'est le rond du sommet des chutes qui est trop important.

Dans tous les cas, la surface en trop doit être supprimée, car il est beaucoup plus rentable d'avoir une voile qui porte bien et sur laquelle l'écoulement se produit sans perturbation et sans poche d'air que de vouloir à tout prix une surface maximum.

Réglage du spinnaker

Le principal critère de réglage du spinnaker consiste à assurer le meilleur écoulement possible de l'air. Deux éléments interviennent essentiellement dans ce réglage, le tangon, par sa hauteur et son angle, et l'écoute, par son angle de tire et sa traction.

- *Hauteur du tangon*

Avant toute chose celui-ci doit être parfaitement perpendiculaire au mât, afin de projeter le point d'amure le plus possible à l'extérieur.

Le réglage en hauteur aura sur le spinnaker un effet analogue à celui de l'étarquage du guindant sur le foc. En descendant le tangon on tend le guindant et on avance le creux, en le remontant la voile bascule sous le vent en refermant l'espace entre elle et la grand-voile. C'est généralement au grand largue qu'on peut le plus facilement déterminer la bonne hauteur du tangon. Lorsqu'on choque doucement l'écoute le guindant doit se déventer aux deux tiers environ de sa hauteur. Si le tangon est trop haut il se déventera plus bas et inversement.

Pour un starcut ou un spinnaker de brise, le point de déventement doit se situer environ à mi-hauteur. On sera souvent surpris de voir à quel point, pour ces voiles, le tangon doit être abaissé. De toute façon plus le vent force plus le tangon doit descendre, de même lorsque le vent est très faible.

- *Angle du tangon*

On partira d'une position perpendiculaire au vent apparent indiqué par la girouette, pour s'apercevoir que cette position est généralement trop reculée et que, pour que le guindant ne se dévente pas il faut border l'écoute au point que la bordure vienne porter sur l'étai.

Il faut donc simultanément avancer le tangon et choquer l'écoute jusqu'à ce que la bordure ne fasse plus qu'effleurer l'étai.

Si le tangon est trop avancé, la voile devient instable et oscille, provoquant un roulis rythmique.

Au largue on ne doit jamais laisser le tangon venir porter sur l'étai. Un tangon débordeur *(jockey-pole)* est indispensable pour éviter que le bras porte sur les haubans et pour augmenter son angle de tire latéral.

- *Angle de tire de l'écoute*

Une seule règle à suivre, les points d'amure et d'écoute doivent être exactement à la même hauteur, non par rapport à l'horizontal mais par rapport au bateau.

L'effet de l'angle de tire est le même que pour un foc, il jouera donc sur la hauteur du point où le guindant commence à se déventer, et son réglage sera donc toujours lié à celui de la hauteur du tangon.

La position sera généralement reculée au maximum, pour le vent arrière et avancera progressivement au fur et à mesure que l'on s'orientera vers le largue.

Elle avancera également au fur et à mesure que le vent forcera.

Par brise légère on utilisera comme écoute une simple ligne pour que son poids ne tire pas sur la voile.

- *Traction de l'écoute*

Sauf par vent fort, l'écoute doit toujours être choquée au maximum. Le guindant doit toujours être à la limite du déventement.

Cependant par vent faible et mer agitée on bordera l'écoute un peu plus qu'il ne faudrait pour limiter les déventements provoqués par les variations rapides du vent apparent liées aux mouvements du bateau.

D'autre part, au plein vent arrière, on ne laissera pas le point d'écoute venir plus en avant que le point d'amure. La voile se retrouverait à nouveau en situation instable.

Les voiles actuelles peuvent être conçues pour donner le maximum de rendement dans une gamme de forces de vent aussi étendue que possible. Encore faut-il que le gréement et l'accastil-

lage comportent tous les perfectionnements nécessaires. Il n'entre pas dans le cadre de ce livre de les étudier plus en détail, mais il faut insister sur la nécessité de fournir au voilier tous les éléments : disposition du gréement dormant et courant, souplesse des espars, etc., plans et caractéristiques du bateau, pour qu'il puisse établir le tracé de chaque voile en toute connaissance de cause.

6. Entretien et réparation des voiles

Si un bateau est souvent l'objet de soins attentifs de la part de son propriétaire, on ne peut pas malheureusement en dire toujours autant pour les voiles. Pourtant, celles-ci sont le moteur de son bateau... et un moteur combien fragile. Il est vrai que l'adoption des fibres synthétiques a considérablement simplifié le problème et a pu faire croire à l'utilisateur qu'il n'existait même plus. Il n'en est rien et nous allons voir quelles sont les principales précautions à prendre.

LES PREMIÈRES SORTIES

Une voile n'a plus besoin d'être « faite » comme au temps du coton ; cependant, on peut dire qu'il faut la « préparer ».

Les premières sorties se feront par brise légère force 2 maximum.

On naviguera quelques heures avec un étarquage des ralingues et des écoutes que l'on reprendra progressivement. Ainsi, les coutures prendront leur place et les petits plis disparaîtront et c'est alors seulement que l'on pourra étudier la forme de la voile et procéder au réglage.

Je pense personnellement qu'il est préférable d'enverguer une

grand-voile sur la bôme, puis sur le mât, mais par contre de l'étarquer d'abord sur le mât et enfin sur la bôme.

Il faut toujours se méfier d'étarquer trop la bordure, car le tissu est sous biais très incliné et se déforme plus facilement. Ce n'est pas le cas, bien sûr, avec une grand-voile coupée à l'anglaise ou avec une bordure du type *Twist Foot* où le tissu se trouve placé exactement suivant la trame ou la chaîne.

APRÈS LES SORTIES

Avant d'affaler la voile, il ne faut jamais oublier, s'il n'y a pas de balancine, de libérer le point d'écoute car, dès que la drisse est choquée, tout le poids de la bôme est supporté par un étroit triangle de tissu délimité par la bordure et la partie basse du guindant. Bien souvent, les coulisseaux du bas ou l'entrée de la gorge n'y résistent pas.

Il est encore meilleur, pour affaler comme pour hisser la voile, de soutenir la bôme par une balancine, un X ou simplement à la main pour libérer la chute de son poids.

Si vous gardez la grand-voile ferlée sur la bôme, il faut également laisser le point d'écoute libre, afin de ne pas faire subir à la bordure d'efforts prolongés.

Pour le reste, il faut envisager le problème différemment suivant que l'on navigue en rivière ou en mer, sur un petit ou sur un gros bateau.

En rivière

Il est toujours possible de disposer d'un endroit propre pour replier la voile.

La voile étendue sur le sol est pliée en accordéon parallèlement à la bordure. L'opération se pratique facilement à deux en tirant la voile vers soi *(fig. 6-1)*. Elle est ensuite roulée, sans être serrée, avec le guindant à l'intérieur.

La méthode est à peu près la même pour ferler une grand-voile sur sa bôme. Après avoir enlevé les lattes, on dispose la voile en accordéon en élongeant bien les plis le long de la bôme et en évitant les faux plis ; on bascule alors le tout dans la bordure *(fig. 6-2)* qui vient le chemiser.

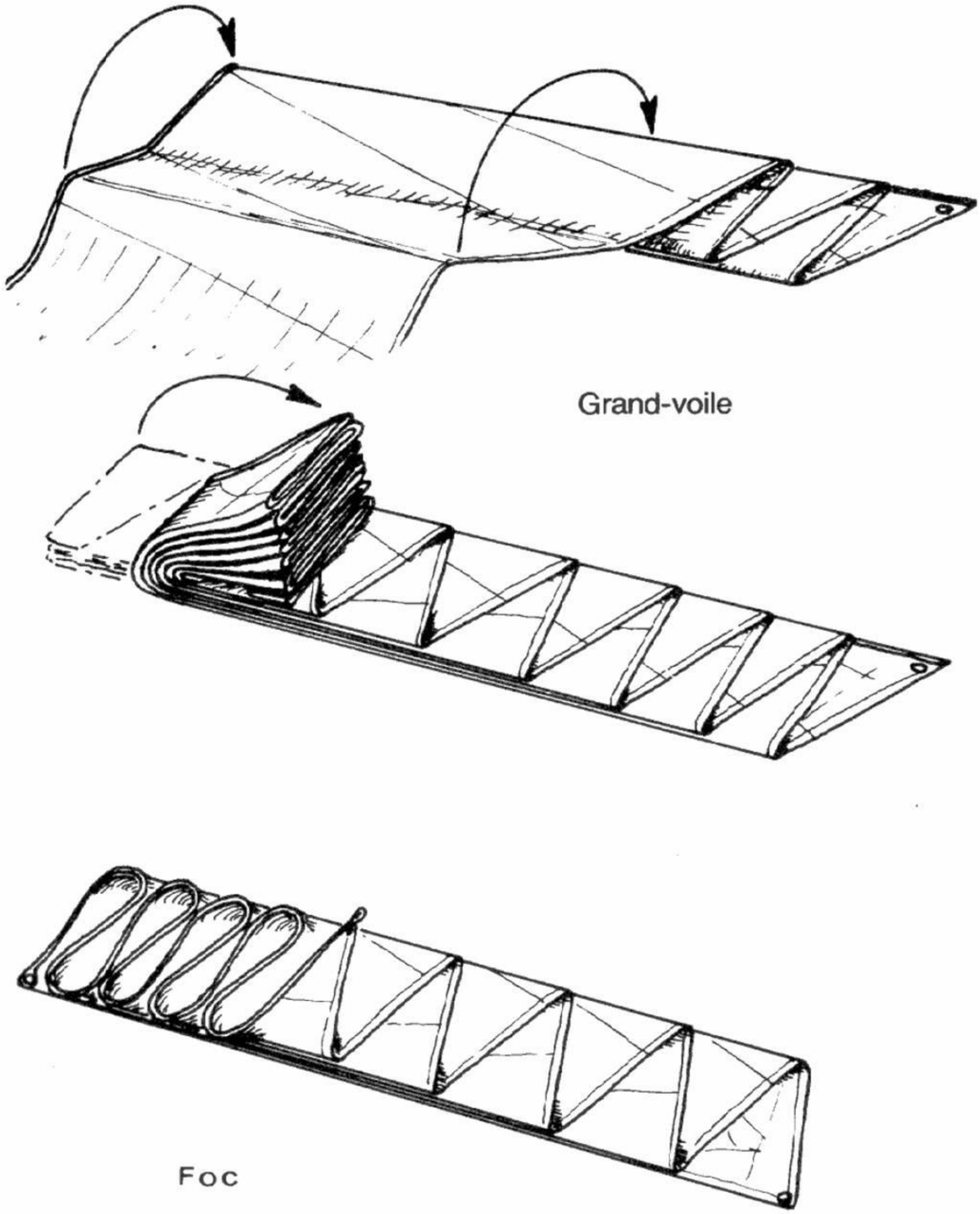
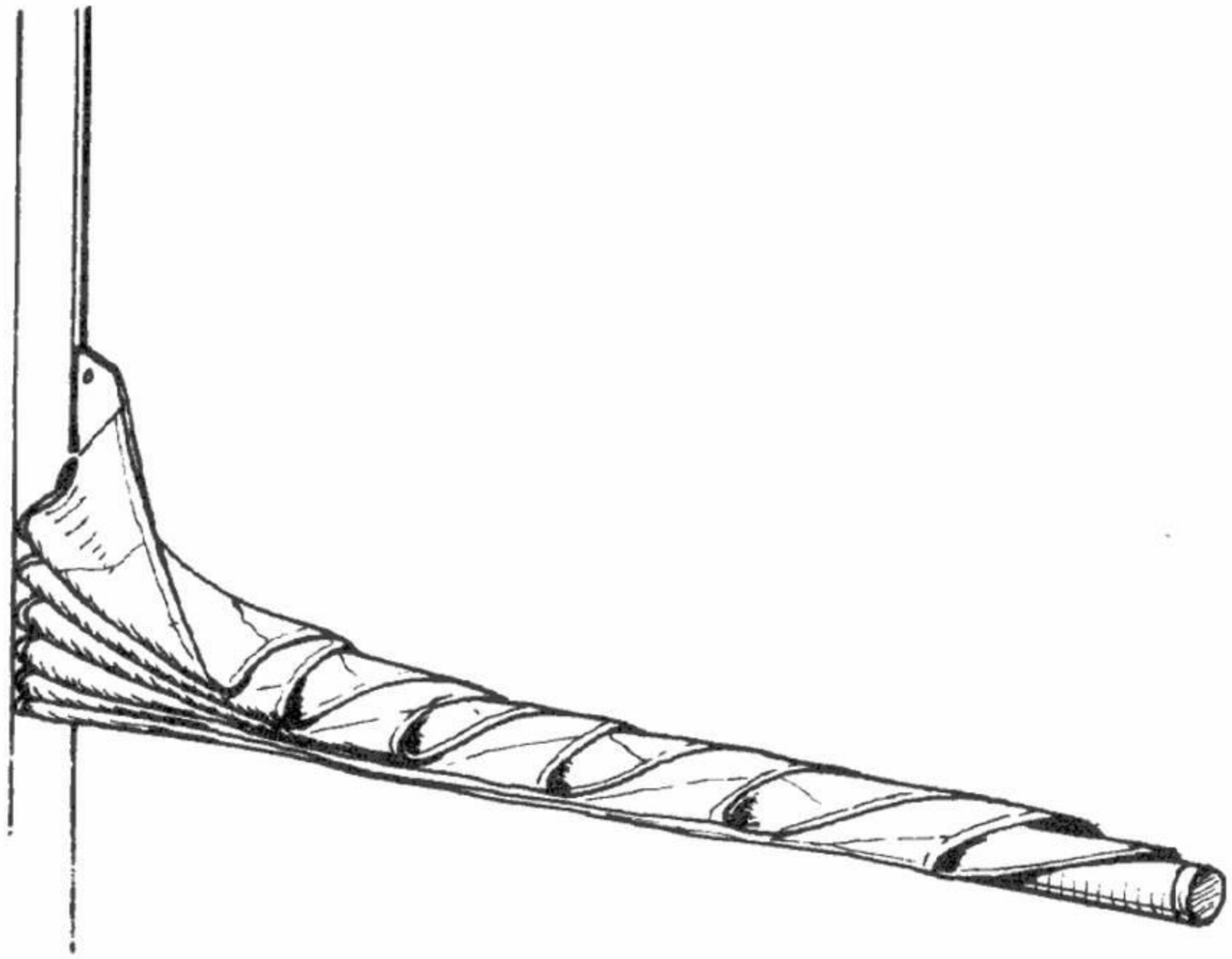
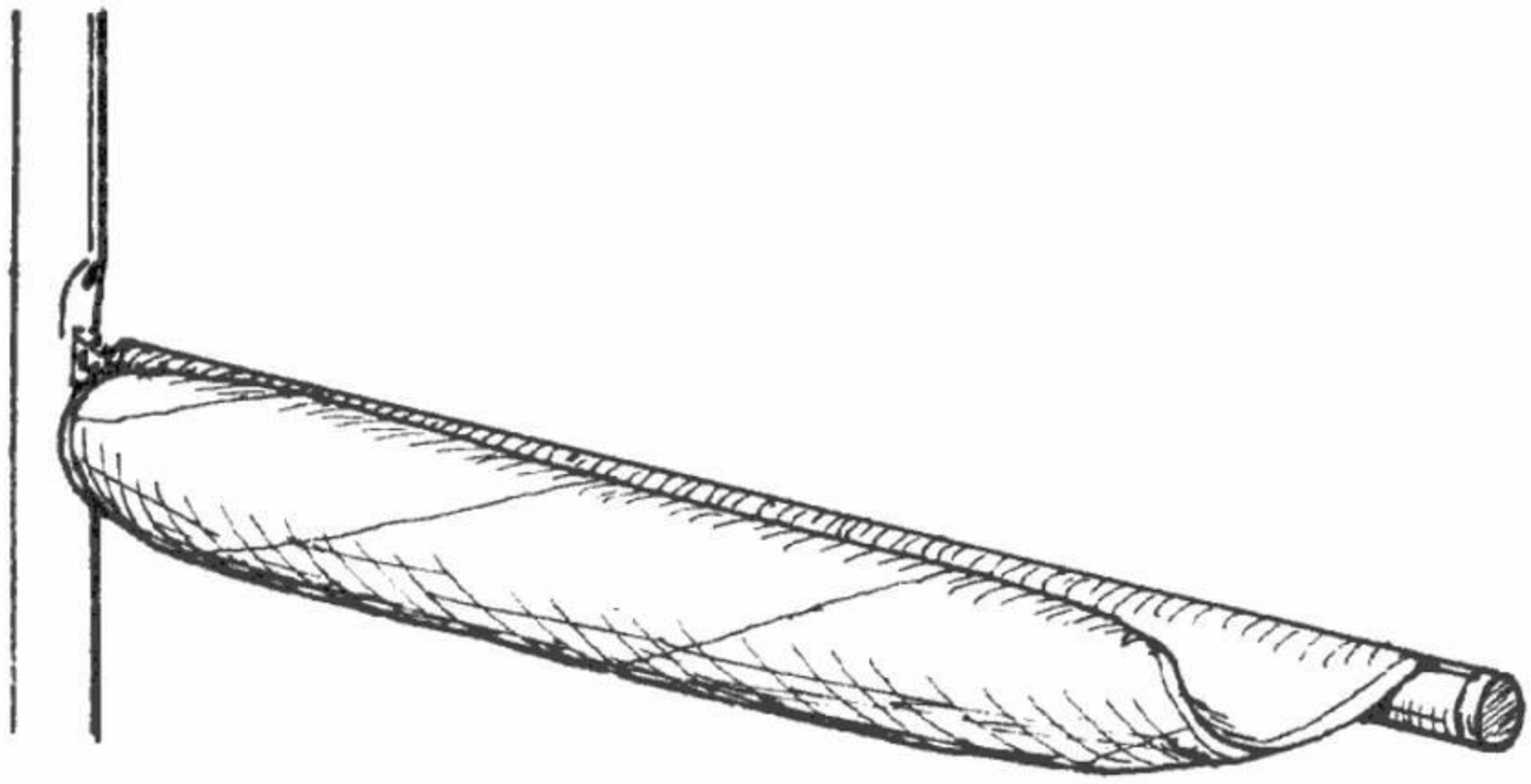


Figure 6-1 — *Pliage des voiles.*



A plat sur la bôme



Roulée dans la bordure

Figure 6-2 — *Ferlage des grand-voiles.*

Il ne reste plus qu'à la rabanter avec l'un des systèmes indiqués au chapitre IV et, si on le désire, la recouvrir d'un taud.

En mer

Il ne faut pas oublier que le sel est très néfaste et si la voile a été mouillée, il faudra, dès que cela sera possible, la rincer à l'eau douce et la sécher soigneusement à *plat* sur l'herbe avant de la replier.

Sur un bateau de croisière, il n'est pas possible de replier une voile et on la met en vrac dans le sac; c'est pourquoi celui-ci doit être de grande capacité pour qu'elle n'y soit pas serrée et surtout que les ralingues en acier des focs ne soient tordues. A la première occasion, on lavera les voiles au jet, mais on ne les fera jamais sécher en les hissant et en les laissant battre dans le vent.

L'humidité est mauvaise pour les voiles pour diverses raisons. Tout d'abord, elle abaisse les caractéristiques mécaniques de la fibre, surtout du Nylon. Ensuite, en atmosphère confinée, des moisissures se développeront, non pas sur la fibre elle-même, mais dans les résines et les apprêts dont le tissu est enduit.

RAGAGE

Sur tous les bateaux, mais surtout sur ceux qui entreprennent de longues traversées, certains points de la voile sont soumis à des frottements continuels provoquant une usure rapide : portage sur les haubans et barres de flèche, attaches des mousquetons et coulisseaux, etc.

Il faudra donc prévoir des protections sur les parties fixes du bateau ou des renforts sur les voiles.

Les extrémités de barres de flèche, par exemple, seront enrobées de ruban plastique adhésif, de même que toutes les goupilles, écrous ou autres protubérances analogues que l'on trouve sur les ridoirs ou les mâts et sur lesquels les voiles risqueraient de se déchirer.

Les chutes des trinquettes, lorsqu'elles sont bordées à plat, risquent souvent de venir au contact des barres de flèche et il faut prévoir à cet endroit des renforts supplémentaires en tissu élastique cousus par-dessus la gaine pour pouvoir être changés facilement.

On trouve maintenant pour cet usage des tissus noir autocollants comme ceux utilisés pour les numéros de voile.

Les mêmes précautions sont à prendre pour les bordures des focs et surtout des génois qui portent souvent sur les galhaubans et les filières.

Des rouleaux ou des gaines en plastique sont également nécessaires sur les bas-haubans et bas-étais.

Pour les dériveurs et les petits bateaux, un simple tube de polychlorure de vinyl semi-rigide ou rigide enfilé sur le câble avant le manchonnage est suffisant. S'il faut le placer après, signalons le tube fendu en hélice.

Pour les bateaux plus gros, on utilise un tube d'alliage léger, de céloron ou de polychlorure de vinyl rigide (*fig. 6-3*) assez gros pour pouvoir être enfilé après le manchonnage des œils et équipé de deux embouts. Deux bagues fendues se serrant sur le câble l'empêchent de remonter.

Il faut également protéger, sur les bateaux importants, le portage des mousquetons et des attaches de coulisseaux par des morceaux de basane (peau de mouton tannée souple). On garnira de même les extrémités des ralingues aux points de drisse et d'écoute ainsi que la partie avant de la têtière qui, lorsqu'on hisse la voile, ou au vent arrière, porte sur le mât.

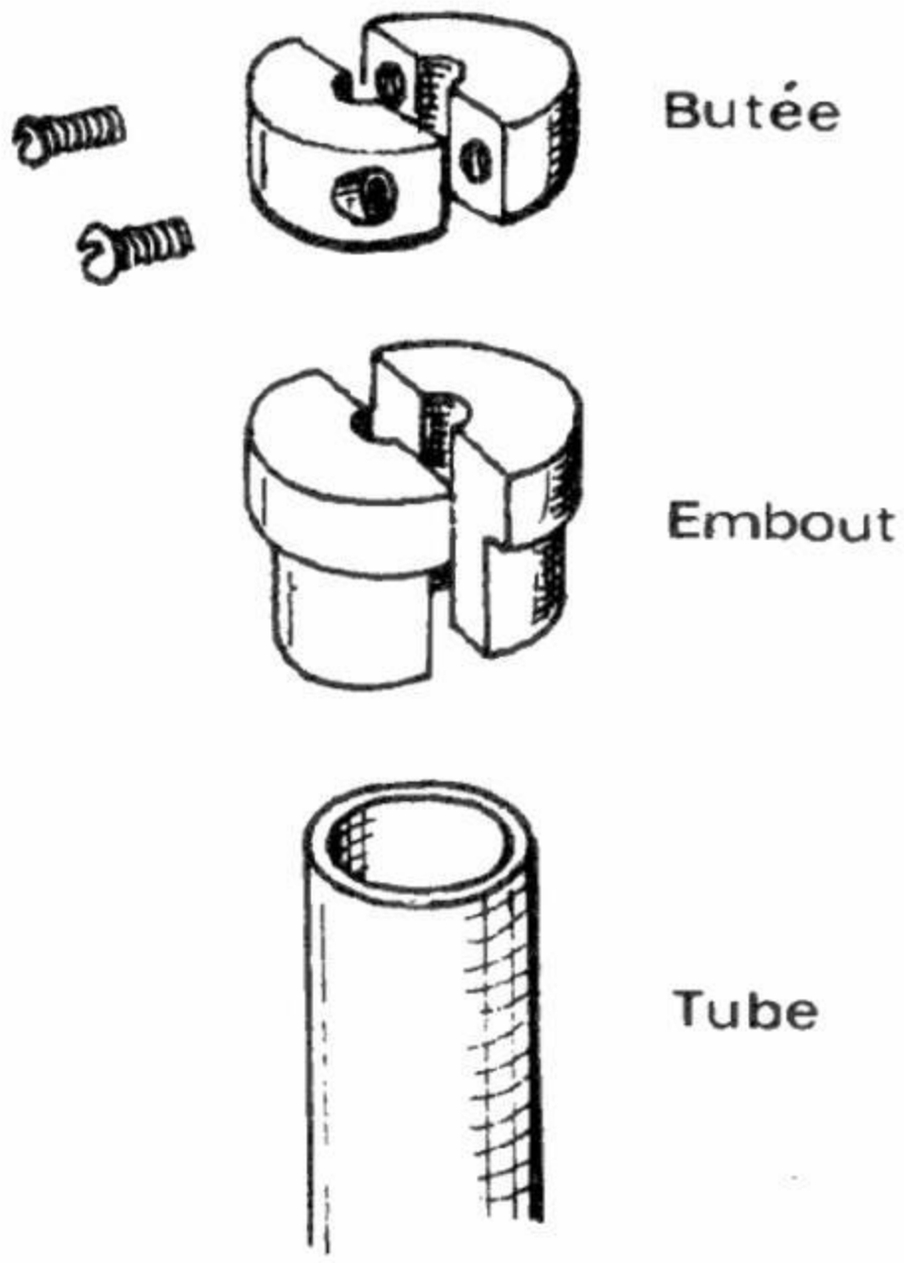


Figure 6-3 — *Rouleau de hauban.*

NETTOYAGE

Lavage

En fin de saison, au moment du désarmement, il faut procéder à un lavage léger des voiles.

Tous les tissus, suivant les traitements qu'ils ont reçus, ne tolèrent pas les mêmes détergents et si, pour certains, le simple savon de Marseille est sans danger, pour d'autres il faudra des produits plus doux du genre Teepol ou produits spéciaux pour les lainages fragiles. Ne pas utiliser de détersif en poudre. Dans le doute, il vaut mieux demander conseil au voilier.

On utilisera de l'eau douce tiède et une assez faible concentration de détergent, on frottera légèrement avec une brosse douce en Nylon. On pourra procéder à un rinçage avec une eau très légèrement javellisée, sauf pour les voiles de couleur, suivi de plusieurs rinçages abondants jusqu'à élimination complète du détersif.

Taches

On traitera les taches avant le lavage général.

- *Taches de graisses minérales*

— Les *graisses minérales:* cambouis, goudron, huiles, seront d'abord détrempées avec un corps gras propre (le beurre est une vieille recette qui garde toute sa valeur), puis le tout sera enlevé à l'essence minérale rectifiée ou au tri ou perchloréthylène. Eviter le trichloréthylène sur les voiles de couleur.

- *Taches de graisses végétales*

— Les *graisses végétales* seront directement éliminées à l'essence ou au perchloréthylène.

- *Taches de rouille*

— Les *taches de rouille* seront enlevées à l'aide d'une solution

d'acide chlorhydrique ou oxalique à 5 ou 10 %. Limiter le traitement au minimum de surface.

- *Taches de sang et de café*

— Le *sang séché* ou le *café* partiront dans un trempage à l'eau froide additionnée d'un peu d'eau de Javel pour les voiles blanches ou à l'eau tiède avec du détersif plus concentré que pour le lavage normal.

- *Taches de peinture à l'huile*

— Pour les *taches de peinture à l'huile ou glycéro,* utiliser de l'essence ou du white-spirit.

- *Taches de peintures plastiques*

— Pour les *peintures plastiques,* les taches ne peuvent être éliminées qu'avant la polymérisation et uniquement avec le solvant vendu avec la peinture. Faire au préalable un essai sur un échantillon de tissu. Une fois la peinture polymérisée, il n'y a plus rien à faire.

Ne jamais utiliser d'acétone ou de cristaux de soude, sauf en très faible concentration.

Après tous ces traitements, laver la voile partiellement ou en totalité comme indiqué précédemment et rincer très abondamment.

Vérifier particulièrement les endroits où le tissu est en plusieurs épaisseurs (gaines et renforts).

SURVEILLANCE ET REPARATIONS

Pour celui qui en a les moyens, il est toujours préférable de confier au voilier le nettoyage, l'entretien et la réparation de ses voiles, mais tout le monde n'en a pas la possibilité et, de plus, on peut se trouver dans des conditions où un tel recours n'est pas possible.

En dehors des points de ragage déjà étudiés, il faudra surveiller les coutures, les entrées de goussets de lattes, les ralingues, les

cosses des différents points. Enfin, on peut être appelé à réparer des trous ou des déchirures accidentelles.

Matériel nécessaire

Pour effectuer normalement ces travaux, il faut disposer du matériel suivant :

— Une *paumelle (fig. 6-4)* : c'est une sangle en cuir qui protège la paume de la main en laissant un passage pour le pouce et qui porte une butée en métal creusée d'alvéoles.

Cette butée a le même rôle que le dé de la couturière, mais l'aiguille, tenue entre le pouce et l'index, est poussée par la paumelle au lieu de l'être simplement par un doigt ;

Figure 6-4 — *Manière de tenir une aiguille de voilier contre une paumelle.*

— Un jeu d'*aiguilles* de voilier de numéros correspondant aux poids des tissus des voiles utilisées. Le numéro 14 sera utilisé pour coudre les œillets ou les ralingues. Le 15 servira aux coutures à travers plusieurs épaisseurs de renfort et les 16 à 18 seront utilisés pour les coutures simples dans des tissus allant des plus lourds aux Nylons à spinnaker. Ces aiguilles ont une pointe, le carrelet, de section triangulaire. Pour les tissus plus légers, on prendra des aiguilles à coudre ordinaires n° 3 à 5. On les conservera dans un petit étui dans lequel on aura mis au préalable une goutte d'huile de vaseline pour les protéger de la rouille ;

— Une *paire de ciseaux* de taille moyenne ;

— Un *briquet à gaz* ;

— Un *fer à souder* de radio-électricien avec une panne coupante si l'on peut faire le travail chez soi ;

— Un *crochet de voilier* destiné à maintenir le tissu pendant qu'on le tend de la main gauche, peut également être utile, mais il laisse des traces sur le tissu qui peuvent être des amorces de déchirures ;

— Du *fil à voile* de Tergal et de Nylon préétiré de grosseur appropriée aux tissus ;

— Du *cordonnet* de Tergal tressé et suiffé pour coudre les œillets, faire les surliures et les fourrages ;

— De la *cire d'abeille* ;

— Des *morceaux de tissu* de même poids que les voiles utilisées ;

— Du *ruban adhésif plastique* spécial résistant à l'eau de mer.

Réfection des coutures

On peut, bien sûr, se contenter de faire une couture au *point droit* classique, mais il vaut mieux faire une *couture plate (fig.6-5)* qui se rapproche plus du point zigzag à la machine. On pourra d'ailleurs utiliser les trous de l'ancienne couture pour se guider. Elle s'exécute de droite à gauche avec un fil double, sans avoir à retourner la toile. On pique l'aiguille verticalement (du dessus vers le dessous) pour ressortir juste au bord de la lisière et légèrement à gauche. Tendre le fil suffisamment, mais sans faire de pli. Repiquer quelques millimètres à gauche pour le second point. Conserver la même dimension que pour les points faits à la machine. On peut également procéder en piquant l'aiguille au bord de la lisière, toujours du dessus vers le dessous et en la ressortant vers soi ; c'est une question de commodité. On peut d'ailleurs très bien envisager, sur une voile de grande surface, de faire une passe dans un sens et une dans l'autre pour avoir une couture plus solide.

Au départ, on arrête le fil en laissant dépasser 3 ou 4 cm que l'on serre sous les premiers points.

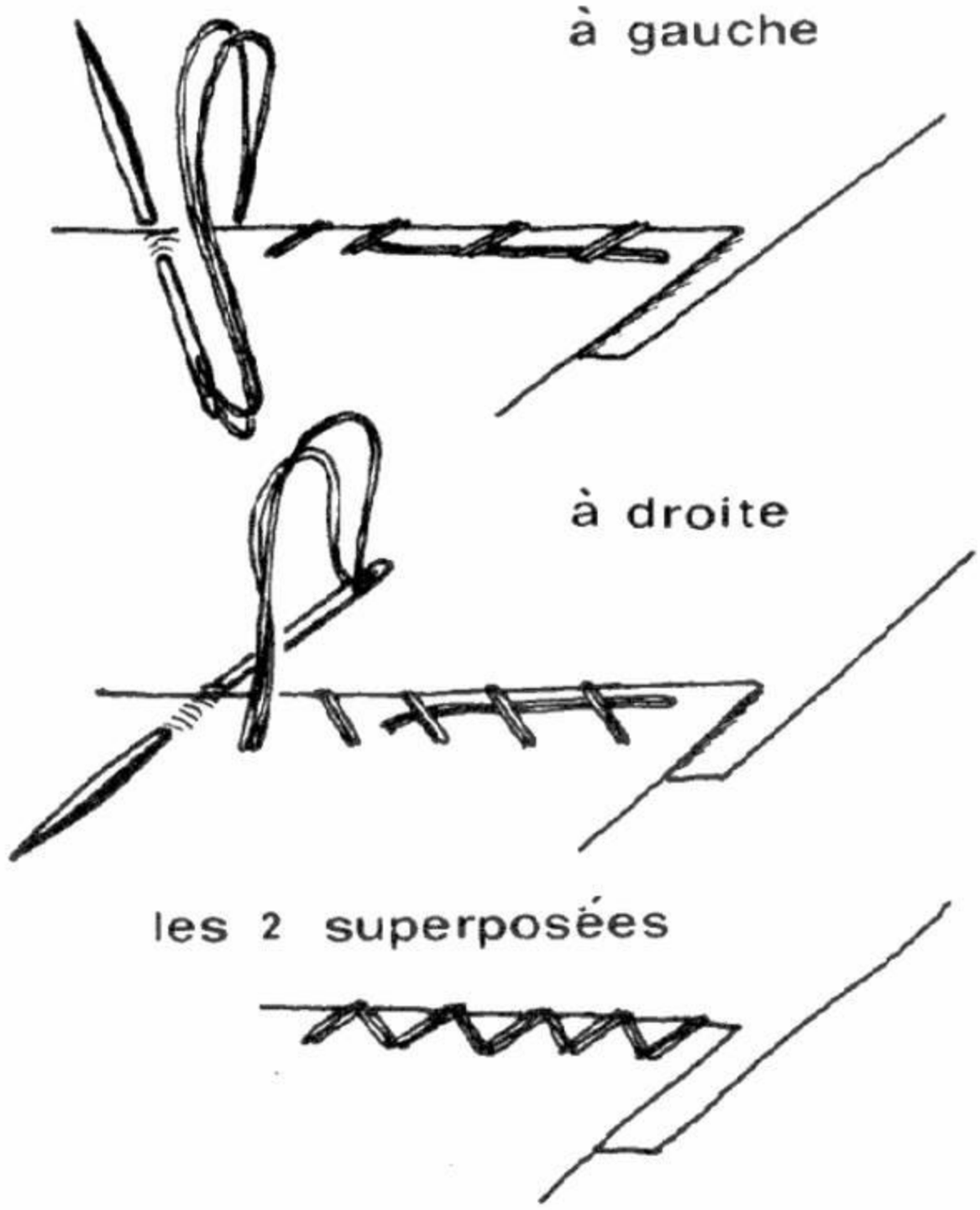


Figure 6-5 — *Couture plate.*

Au fur et à mesure des points, on tourne l'aiguille dans le sens contraire des aiguilles d'une montre pour éviter que le fil forme des coques.

Pour raccorder deux aiguillées, on torsade leurs deux extrémités et on emprisonne cette torsade sous les points suivants.

Pour finir, doubler le dernier point, glisser l'aiguille en arrière entre les deux épaisseurs de tissu, la ressortir 4 ou 5 cm plus loin et couper le fil à ras.

Coutures d'étranglement des ralingues de foc

Cette couture s'use assez vite et l'on peut être également amené à la refaire. Elle s'effectue simplement par un *point coulé*. On pique l'aiguille parallèlement à la ralingue, mais avec une forte inclinaison (*fig. 6-6*). La partie extérieure du point ne fait que 2 mm environ. Il est commode, pour exécuter ce travail, de tendre la ralingue entre deux pitons à hauteur convenable. On travaille en se déplaçant de la droite vers la gauche.

Figure 6-6 — *Point coulé.*

Réparation d'une petite déchirure droite

Pour réparer une petite déchirure, on peut se servir provisoirement de ruban adhésif mais ensuite, pour une réparation définitive, on utilise le *point croisé* ou *videlle*. Comme toujours, la couture part de la droite.

On arrête le fil en double avec un nœud à 2 cm environ de son extrémité. On commence la couture à 5 mm de la déchirure par deux ou trois points à gauche *(fig. 6-7)*.

Arrivé à l'extrémité de la déchirure, on passe l'aiguille par celle-ci pour la ressortir en dessous (a).

En maintenant le fil de l'autre main de bas en haut et vers la gauche, on pique l'aiguille au-dessus de la déchirure pour la ressortir en dessous en passant par-dessus le fil (b).

Les 2 cm de fil laissés avant le nœud sont pris sous les points.

Pour terminer, on fait quelques points plats à droite, un nœud et on glisse 2 cm de fil sous les derniers points avant de le couper.

La largeur des points est de 6 à 10 mm et leur écartement de 1 à 2 mm suivant la grosseur du fil.

Pose d'une pièce

Pour reboucher un trou ou un accroc de plus de 2 cm de long, il faut poser une pièce. Celle-ci sera de même tissu que la voile et orientée dans la même direction.

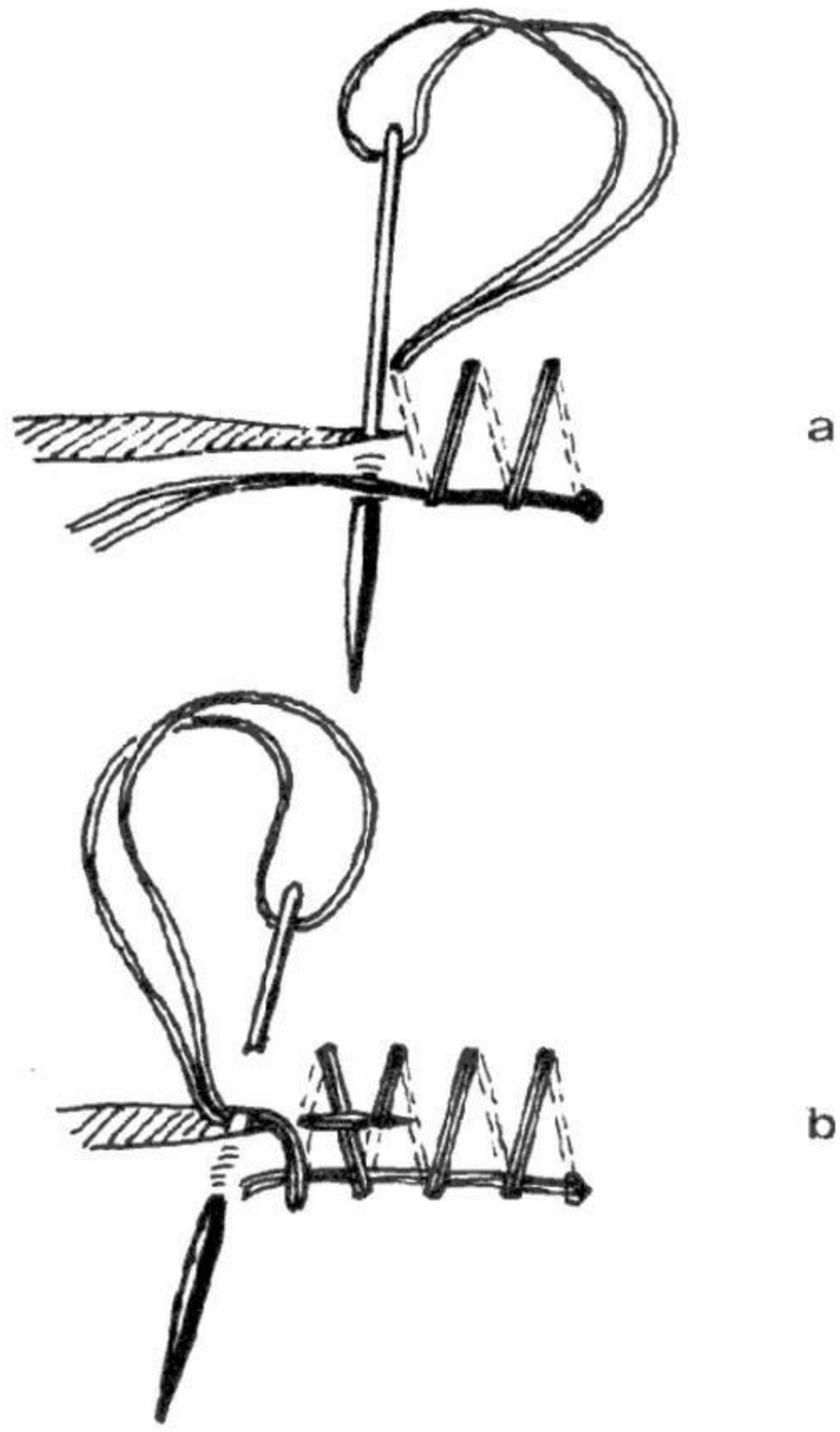


Figure 6-7 — *Point croisé ou videlle.*

On recoupe proprement la partie déchirée aux ciseaux et on brûle le bord avec le briquet si on ne dispose pas de fer à souder. Aux quatre angles, on fait une entaille pour permettre de replier vers l'extérieur un bord de 12 mm (*fig. 6-8*).

On prépare la pièce en lui donnant 25 mm de plus que le trou découpé sur tout le pourtour.

On coupe les quatre coins et on replie vers l'intérieur un bord de 12 mm.

La pièce posée sur la voile, avec les plis l'un en face de l'autre, est cousue par deux lignes de coutures plates à l'extérieur et à l'intérieur.

Si la pièce est au bord de la voile, découdre la gaine pour qu'elle recouvre la pièce.

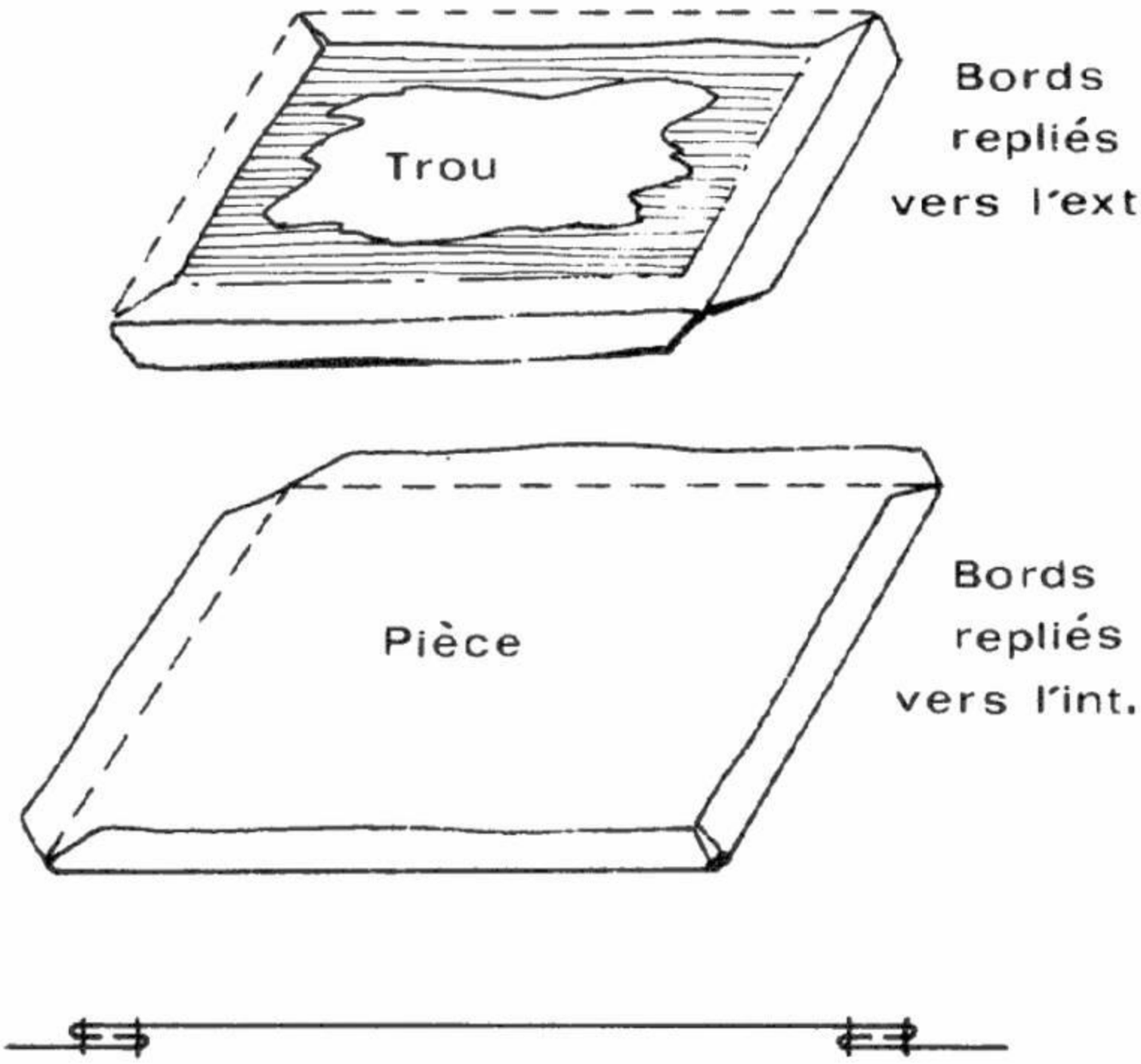


Figure 6-8 — *Pose d'une pièce.*

Réfection des étuis de latte

C'est l'extrémité qui a souvent besoin d'être refaite. On découd la partie usée, on coud une pièce sur l'extrémité de l'étui puis on recoud le tout à sa place.

Recoudre une ralingue de grand-voile

La ralingue est habituellement cousue sur le côté babord de la voile, du point d'amure vers le point d'écoute sur la bordure puis vers le point de drisse sur le guindant.

Accrocher à un point fixe l'extrémité vers laquelle se fait la couture, la ralingue étant dessous.

Faire quelques repères au crayon sur la gaine et la ralingue pour conserver la même tension relative et enlever le fil usé. Si la couture à refaire est longue, faire quelques amarrages provisoires tous les 30 cm environ.

On prend une aiguille émoussée qui pénètre mieux entre les torons de la ralingue et une aiguillée de fil double arrêté par un nœud.

L'aiguille est enfilée entre les torons et non piquée dedans, de façon à prendre un seul toron sur le dessus et en laisser deux en dessous. On ressort l'aiguille à travers la voile en serrant fortement pour que le fil pénètre dans le toron. On continue ainsi en repassant sous le toron suivant jusqu'au bout et en veillant à conserver les repères parfaitement alignés (*fig. 6-9*).

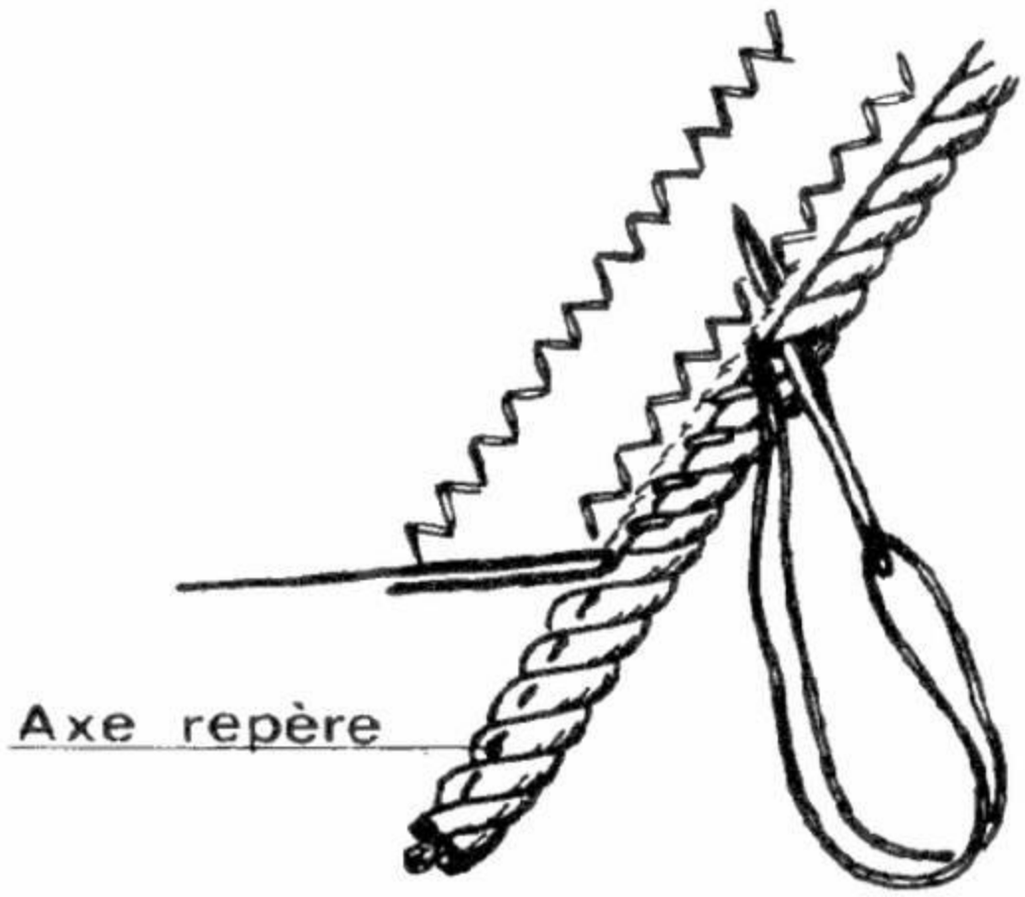


Figure 6-9 — *Couture à la main d'une ralingue.*

DEUXIÈME PARTIE

GRÉEMENTS

I. Gréement métallique

Rappelons tout d'abord que l'on entend par gréement *dormant* tous les câbles et cordages servant à haubanner le mât, par opposition au gréement *courant* qui sert à établir la voilure.

La majorité des gréements dormants sont constitués de câbles en acier, bien que l'on utilise également des fils simples ou des barres profilées.

Pour les gréements courants, on utilise suivant les cas des câbles métalliques et des cordages en fibres textiles.

GÉNÉRALITÉS SUR LES CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES

La seule caractéristique mécanique donnée habituellement pour un élément de gréement est sa résistance à la rupture Rr. Cela est malheureusement insuffisant pour déterminer l'échantillonnage du gréement.

En effet, avant d'atteindre sa charge de rupture, le métal passe par un stade de déformations élastiques, c'est-à-dire que l'allongement redevient nul lorsque la charge cesse, avant d'atteindre la

zone de déformation permanente dans laquelle, lorsque la charge cesse, il subsiste un allongement résiduel (*fig. I-1*).

C'est donc la *limite élastique* Re qu'il est intéressant de connaître, car c'est elle qu'il ne faudra pas dépasser.

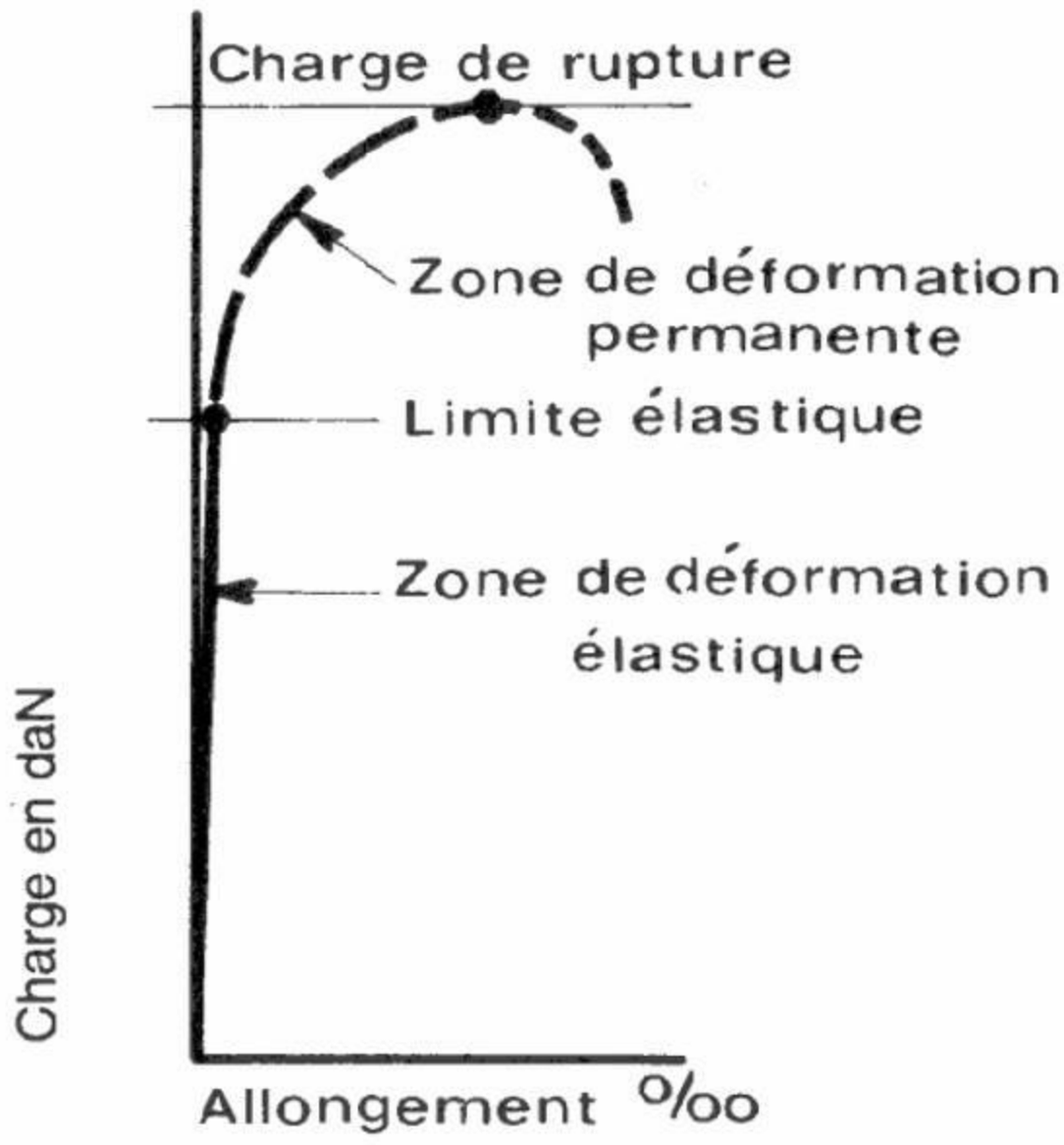


Figure I-1 — *Diagramme de traction.*

Par rapport au fil brut, la limite élastique du câble est légèrement plus faible en raison des contraintes de préformage et de commettage. D'autre part, la courbe d'allongement des câbles n'est pas d'une forme aussi nette que celle du métal brut ainsi que le montre la *figure I-2* pour des câbles monotorons 19 fils, de 3 et 6 mm de diamètre.

En moyenne, on adopte pour Re les valeurs suivantes :

TABLEAU I-I

COEFFICIENT DE LIMITE ELASTIQUE DES CABLES

COMPOSITION	Re
Inox monotoron 1 × 19	77 % de Rr
Inox 7 × 7	75 % de Rr
Inox 7 × 19	70 % de Rr
Galva 7 × 19	65 % de Rr

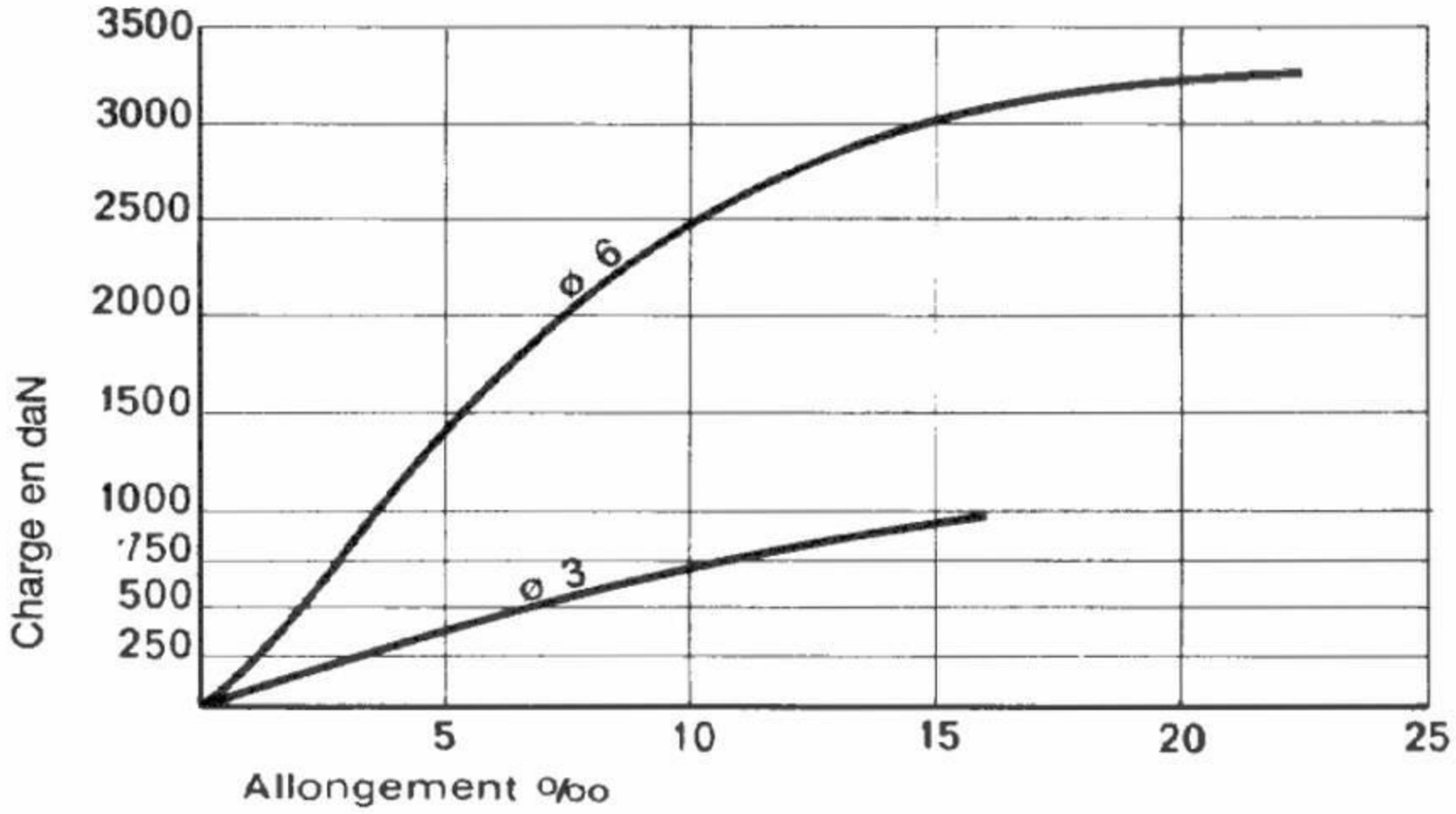


Figure I-2 — *Diagrammes de traction de câbles monotorons en acier inoxydable de 3 à 6 mm de diamètre.*

Il est également très important de connaître les caractéristiques d'allongement du gréement. Moins celui-ci s'allongera sous la charge, mieux le mât sera tenu et plus constant sera le réglage. L'allongement est caractérisé par le module d'élasticité E= contrainte (daN/mm²)/allongement ‰.

L'architecte devra donc, pour déterminer le diamètre du câble qu'il doit utiliser, non seulement calculer les charges maximale et normale d'utilisation, leur appliquer les divers coefficients de sécurité nécessaires pour tenir compte des conditions de travail, mais encore vérifier que sous la charge maximale le câble ne dépasse pas sa limite élastique et que les conditions normales correspondent au module d'élasticité maximum.

Malheureusement, la courbe d'allongement n'étant pas régulière, on est obligé d'admettre des valeurs moyennes pour E en fonction de la composition.

TABLEAU I-II

MODULE D'ÉLASTICITÉ PRATIQUE DES CABLES

COMPOSITION	E PRATIQUE
Inox monotoron 1 × 19	13 000 à 15 000
Inox 7 × 7	10 000 à 12 000
Inox 7 × 19	9 500 à 11 500
Galva 7 × 19	13 000
Ces valeurs pourront être augmentées de 20 % pour les câbles précontraints.	

GÉNÉRALITÉS SUR LA COMPOSITION DES CABLES

La composition câblée la plus simple est le *toron*. Il est constitué d'un nombre de fils variable, disposés en hélices régulières enroulées à gauche sur une ou plusieurs couches. Utilisé sous cette forme, on l'appelle *monotoron*.

Plusieurs torons enroulés à droite, autour d'une âme centrale textile ou métallique, constituent un *câble*. Cette opération est le *commettage*.

Les fils ou les torons peuvent être *préformés*, c'est-à-dire qu'on leur donne, grâce à un artifice de fabrication, la forme hélicoïdale qu'ils auront une fois commis. Le préformage a plusieurs avantages intéressants pour le haubannage. Lorsqu'on coupe du câble préformé, il ne se décommet pas, ce qui facilite les opérations d'épissage, de manchonnage ou de sertissage. Si un fil vient à se casser, il reste en place. Le câble est inerte, ne présente aucune tension interne et, de ce fait, n'a pas tendance à faire des coques. La durée de service des câbles souples est largement prolongée.

Câbles précontraints

Il s'agit de câbles ayant subi une traction égale à 60 % de leur charge de rupture afin de supprimer l'allongement permanent initial permettant ainsi de diminuer l'importance des réglages.

Allongement permanent

Un câble s'allonge dès sa mise sous tension d'une certaine valeur qui persiste lorsque la charge cesse, c'est l'allongement permanent initial. Par la suite, l'allongement permanent continuera à augmenter, mais très lentement. Il est provoqué par la mise en place des fils dans les torons et des différents torons entre eux, par l'équilibrage des tensions entre les différents fils et torons et enfin par le fluage du métal sous tension permanente.

On conçoit que l'allongement permanent dépend de la nature du métal, mais aussi de la constitution du câble. Plus le nombre de torons et le nombre de fils sont faibles, s'il n'y a pas d'âme textile, si le câble est préformé, plus l'allongement permanent sera réduit.

Pour l'allongement permanent initial, on peut prévoir à titre indicatif les valeurs moyennes suivantes :

TABLEAU I-III

ALLONGEMENT PERMANENT DES CABLES

Monotron tout métal	:	0,5	à 1	‰
7 torons de 7 fils tout métal	:	1	à 1,5	‰
6 torons de 7 fils âme textile	:		2	‰
7 torons de 19 fils tout métal	:	1,5	à 2	‰

L'allongement permanent total peut atteindre le double de ces valeurs. Elles seront également plus élevées pour des câbles non préformés.

CARACTÉRISTIQUES DES ACIERS UTILISÉS DANS LES CABLES DES YACHTS

Acier galvanisé

Pendant longtemps, l'acier galvanisé a constitué le matériau unique des câbles de haubannage. Les aciers utilisés à teneur en carbonne de 0,30 à 0,80 %, silicium 0,30 % maximum et manganèse 0,40 à 0,80 %, sont trempés, écrouis par tréfilage et galvanisés au cours d'opérations multiples.

Leurs caractéristiques mécaniques sont les suivantes :

Diamètre du fil	Rr daN	E
0,5 0,5 à 1 >1	180/200 160/180 140/160	20 000

La résistance à la corrosion dépend du procédé de galvanisation qui conduit à des dépôts de zinc plus ou moins poreux, épais et adhérents. C'est généralement la galvanisation par passage en

nappe dans un bain de zinc fondu, ou *galvanisation à chaud*, qui est préférée.

Aciers inoxydables

Bien que nettement plus cher que le câble galvanisé, le câble inox l'a maintenant presque complètement supplanté. Cela n'a cependant pas été acquis rapidement et il faut avouer que les premiers câbles inox apparus sur le marché étaient souvent loin d'avoir les qualités désirées. A la base, les aciers inoxydables utilisés dans la fabrication des câbles sont à haute teneur en carbone (0,08 %), en chrome (17 à 18 %) et en nickel (8 à 10 %) avec quelques pourcentages de silicium, manganèse, etc. Mais il faut savoir que la protection du métal n'est assurée que par la formation d'une très fine couche d'oxyde. Malheureusement, celle-ci ne résiste pas au frottement des fils entre eux ou avec d'autres éléments. C'est pourquoi après avoir augmenté les pourcentages de chrome et de nickel jusqu'aux valeurs données ci-dessus, on a été amené à y ajouter du molybdène (1,5 % environ) qui, en facilitant le glissement, assure la protection de la couche d'oxyde.

Les meilleurs aciers inoxydables utilisés actuellement en câblerie sont de la famille 18/10 Mo, dont les caractéristiques sont :

Diamètre du fil	Rr daN/mm²	E
< 3 mm 3 à 6 mm	180 à 200 160 à 180	18 000 à 19 000

COMPOSITION ET CARACTÉRISTIQUES DES CABLES SUIVANT LEUR DESTINATION

Haubans

Pour ceux-ci, on cherche avant tout l'allongement minimum, c'est pourquoi on choisit de préférence des monotorons. L'idéal serait la composition 7 fils (1 + 6); malheureusement, bien que normalisée, on ne la trouve pas en acier inoxydable et rarement en acier

galvanisé. On se contentera donc d'une composition 19 fils (1+ 6 + 12) ou 37 fils (1 + 6 + 12 + 18) pour les plus gros diamètres.

On utilise également parfois une composition de 7 torons de 7 fils (1+ 6 × 1 + 6) lorsqu'on recherche une certaine souplesse, pour les bastaques par exemple.

Il n'est pas possible de donner dans le cadre de cet ouvrage les moyens de calculer les dimensions des haubans. On trouvera ces méthodes de calcul dans le tome II de l'Architecture du voilier (1).

Itagues de drisses

Ici, c'est la souplesse maximale qui est recherchée et on utilisera une composition de 7 torons de 19 fils (1 + 6 × 19) en inox ou 6 torons de 19 fils sur une âme textile pour le galva. On peut trouver également du câble galvanisé à haute résistance sans âme textile. Pour le câble souple de 7 × 19 par exemple, la résistance est supérieure d'environ 20 % tandis que le prix est divisé par 2,5.

Ceci pourrait à première vue laisser à réfléchir. Cependant il faut remarquer tout d'abord qu'une différence de résistance de 20 % ne permet pas de descendre à une dimension inférieure. D'autre part, il est certain que la résistance à la corrosion, surtout dans le cas d'une drisse, soumise à des frottements importants, est loin d'atteindre celle de l'inox et de plus est difficilement contrôlable.

Il semble donc que si l'utilisation du câble galvanisé peut se concevoir pour des drisses de voiliers de course au large (les efforts intensifs et prolongés les font périr rapidement de tout façon) à condition de les changer systématiquement à chaque saison, elle ne peut être admise pour des voiliers de plaisance pure pour lesquels le rapport entre le temps d'utilisation et le temps d'exposition à l'atmosphère marine met nettement l'accent sur la résistance à la corrosion.

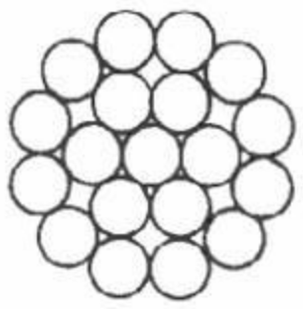
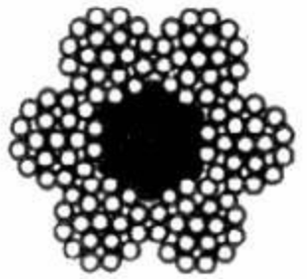
La durée de vie est alors essentiellement fonction du respect des quelques règles élémentaires citées plus loin.

Les nouveaux cordages synthétiques à faible allongement ou à base de fibre Kevlar ont d'ailleurs depuis rendu sans intérêt cette querelle.

(1) En préparation.

TABLEAU I-IV

RÉSISTANCE ET POIDS AU MÈTRE DES CABLES POUR GRÉEMENTS DORMANT ET COURANT

DIAMÈTRE		INOX MONOTORON 1 × 19 ou 1 × 37 		INOX 7 × 7		INOX 7 × 19		GALVANISÉ 6 × 19 + 1 AME TEXTILE 	
mm	pouces	Charge de rupture daN (2)	Poids g/m	Charge de rupture daN	Poids g/m	Charge de rupture daN	Poids g/m	Charge de rupture daN	Poids g/m
(1,6)	**1/16**	200- 230	13	160- 215	11	230	11	—	—
2	—	350- 400	20	230- 250	15	280	15	—	—
2,5-(2,4)	**3/32**	540- 635	32	350- 420	23	365- 475	23	245- 340	19
3-(3,2)	**1/ 8**	800- 900	45	590- 630	33	520- 780	35	435- 610	33
4	**5/32**	1 400- 1 500	85	1 000-1 130	62	950-1 100	60	680- 940	52
5-(4,8)	**3/16**	2 050- 2 300	130	1 570-1 800	95	1 500-1 700	100	980- 1 350	75
(5,6)	**7/32**	2 550- 2 850	150	1 950-2 200	120	1 900-2 250	125	1 350- 1 850	100
6	—	3 200- 3 400	190	2 350-2 600	140	2 300-2 750	150	—	—
(6,4)	**1/ 4**	3 400- 3 700	200	2 450-2 750	160	2 500-2 900	165	1 750-2 400	135
7-(7,2)	**9/32**	4 400- 4-650	250	3 250-3 450	190	3 200-3 500	200	2 200- 3 050	170
8-(7,9)	**5/16**	5 600- 6 100	330	4 150-4 450	250	3 900-4 200	240	2 750- 3 800	210
9	—	7 250- 7 700	415	4 430-5 530	300	env. 5 200	300	—	—
(9,5)	**3/ 8**	7 500- 8 150	445	env. 5 700	350	env. 5 700	350	3 950- 5 000	300
10	—	8 500- 9 500	520	6 500-6 800	370	6 200-6 800	370	—	—
11-(11,2)	**7/16**	10 500-11 500	610	env. 8 000	450	7 700-8 100	450	5 400- 6 900	410
12	—	12 800-13 700	720	9 400-9 600	540	8 800-9 400	520	—	—
(12,7)	**1/ 2**	env. 14 000	env. 800	—	—	env. 9 700	—	7 000- 9 000	530
(14,3)	**9/16**	env. 17 800	env. 1 000	—	—	—	—	8 800-11 400	670
16-(15,9)	**5/ 8**	env. 23 000	env. 1 300	—	—	—	—	11 000-12 400	830
(19)	**3/4**	env. 28 000	—	—	—	—	—	—	—
22-(22,2)	**7/ 8**	env. 38 000	—	—	—	—	—	—	—
(25,4)	**1**	env. 47 000	—	—	—	—	—	—	—

1. Les valeurs en caractères gras sont les plus courantes. Les chiffres ( ) sont la conversion en mm des cotes en pouces.
2. Les fourchettes données correspondent à une moyenne générale.

TABLEAU I-V

RÉSISTANCE ET POIDS AU MÈTRE DES CABLES GAINES SOUS PLASTIQUE

CABLES GAINES NYLON OU VINYL POUR TRANSMISSIONS DE BARRE

DIAMÈTRE mm		COMPOSITION	RÉSISTANCE daN	POIDS g/m
Câble	Gaine			
1,6	3	7 × 7 inox	160	
1,6	3,2	7 × 7 galvanisé	215	18
2,4	4	7 × 7 galvanisé	500	33
2,4	4	7 × 7 inox	350	—
2,4	4,7	7 × 7 galvanisé	500	39
2,4	4,7	7 × 7 inox	450	39
3,2	4,7	7 × 19 galvanisé	900	54
3,2	5	7 × 19 inox	660	—
4	6	7 × 19 inox	950	—
4,7	7,9	7 × 19 galvanisé	1 900	130
4,8	7	7 × 19 inox	1 350	—
5,6	9	7 × 19 inox	1 900	—

CABLES INOX 7 × 7 GAINES VINYL POUR FILIÈRES

DIAMÈTRE mm		RÉSISTANCE daN	POIDS g/m
Câble	Gaine		
4,7	6,4	1 650	110
6,4	9,5	2 750	215

CABLES INOX GAINES VINYL POUR RALINGUE DE FOC

DIAMÈTRE mm		COMPOSITION	RÉSISTANCE daN	POIDS g/m
Câble	Gaine			
1,6	3,2	7 × 7	215	21
2,4	4	7 × 7	415	36
3,2	4,8	7 × 19	800	64
4	5,6	7 × 19	1 050	91
4,8	6,4	7 × 19	1 650	130
6,4	9,5	7 × 19	2 900	240

Les valeurs pouvant varier de façon importante suivant les caractéristiques des fils employés, leur diamètre et leur mise en œuvre, il est toujours bon de se référer pour plus de précision, à celles données par le fournisseur envisagé. Certains, cependant, affectent les valeurs réelles obtenues au banc de traction d'un coefficient de réduction destiné à tenir compte des tolérances de fabrication et d'une certaine garantie. Ce coefficient peut descendre jusqu'à 0,85.

Câbles sous plastique

Les câbles métalliques en acier galvanisé ou inoxydable peuvent être enrobés de matière plastique, vinyl, Nylon ou autres matières thermo-plastiques.

En composition 7 × 7, ils sont utilisés pour les ralingues et les filières. Dans ce dernier cas, il est particulièrement intéressant de les monter avec des embouts sertis qui permettront de les enfiler facilement dans les trous des chandeliers.

En composition 7 × 19, ils sont utilisés pour les drosses de commandes de gouvernail ou de moteurs hors-bord.

Soins à donner aux câbles

C'est plus par les précautions que l'on prendra *a priori* lors de la pose de l'accastillage que par un entretien *a posteriori* que l'on assurera la longévité des câbles. Le diamètre des réas ou des tambours enrouleurs, les entrées des cages, les différents passages et points de fixation doivent être étudiés pour éviter toute contrainte anormale ou usure du câble.

On n'insistera en particulier jamais assez sur la nécessité de respecter les diamètres minima des réas donnés ci-après ou de prévoir des articulations sur les ridoirs et des angles de cadènes évitant toute flexion du câble à la sortie des manchons ou embouts.

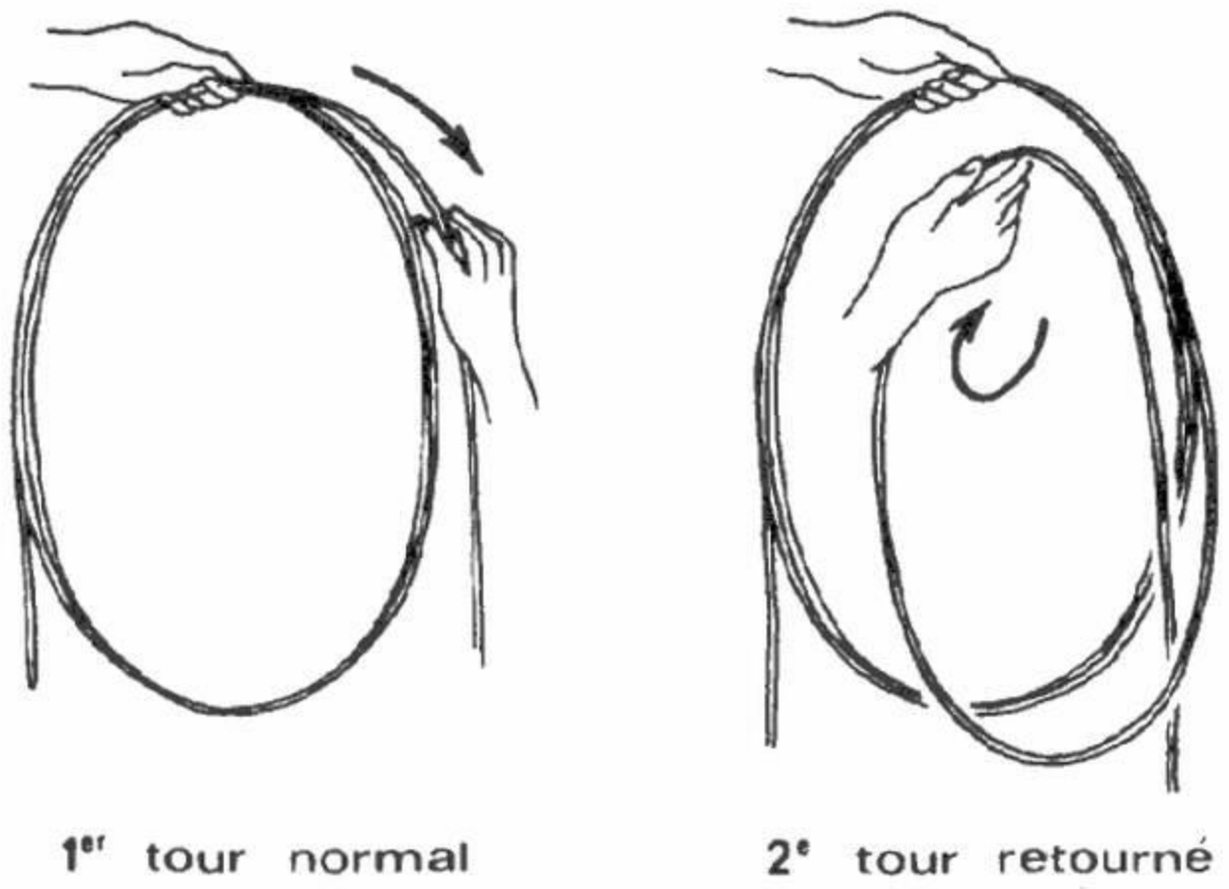


Figure I-3 — *Pour lover un câble sans faire de coque on alterne un tour normal avec un tour inversé (comme une demi-clef).*

Un autre point important à surveiller est le ragage des haubans contre un quai à marée basse. Les entailles microscopiques provoquées sur le métal sont des amorces inéluctables de rupture.

Les manipulations doivent toujours être effectuées avec précaution. On évitera tout pliage, coque, etc... Les câbles seront lovés en large glène en effectuant successivement une boucle et une demi-clef pour compenser la torsion faite à chaque tour *(fig. I-3)*.

L'usure des câbles se manifeste soit par l'apparition d'un « gendarme », fil rompu ressortant du câble, soit par la formation de boucles, de tire-bouchons ou de pliures lorsqu'il n'est pas sous tension. Ces derniers ne sont pas forcément catastrophiques mais il faudra en rechercher et éliminer la cause (généralement un réa trop petit). La corrosion se manifeste rarement sur le câble inoxydable, sauf s'il se trouve enfermé dans un tube ou un enrobage de ruban adhésif qui empêchent la formation de la couche d'oxyde protectrice. Pour la même raison (et pour la propreté des voiles en plus) il ne faut jamais graisser un câble inoxydable.

Le câble galvanisé se surveille en le détordant pour vérifier s'il n'y a pas présence de rouille entre les torons.

FORME DES GORGES ET DIAMETRE DES REAS

Il est très important pour la durée de vie des câbles de ne pas utiliser de réas ayant un diamètre à fond de gorge inférieur à deux cents fois le diamètre du fil composant le câble, soit environ vingt fois le diamètre du câble.

Le diamètre à fond de gorge doit être égal au diamètre du câble avec une tolérance comprise entre 0 et + 10 % *(fig. I-4)*. L'angle des flancs de gorge ne doit pas être supérieur à 50 °.

Si pour les câbles de petit diamètre on peut admettre des réas en céloron ou autres matières stratifiées analogues, on sera obligé, au-dessus de 3 mm, de prévoir des réas métalliques. Il est préférable d'utiliser un matériau à plus basse résistance que le câble pour éviter l'usure de celui-ci. On prendra donc soit du bronze, soit de l'acier inoxydable, de préférence dans une qualité spéciale pour les frottements importants.

Pour les câbles enrobés sous plastique, des réas en Nylon ou alliage léger conviendront.

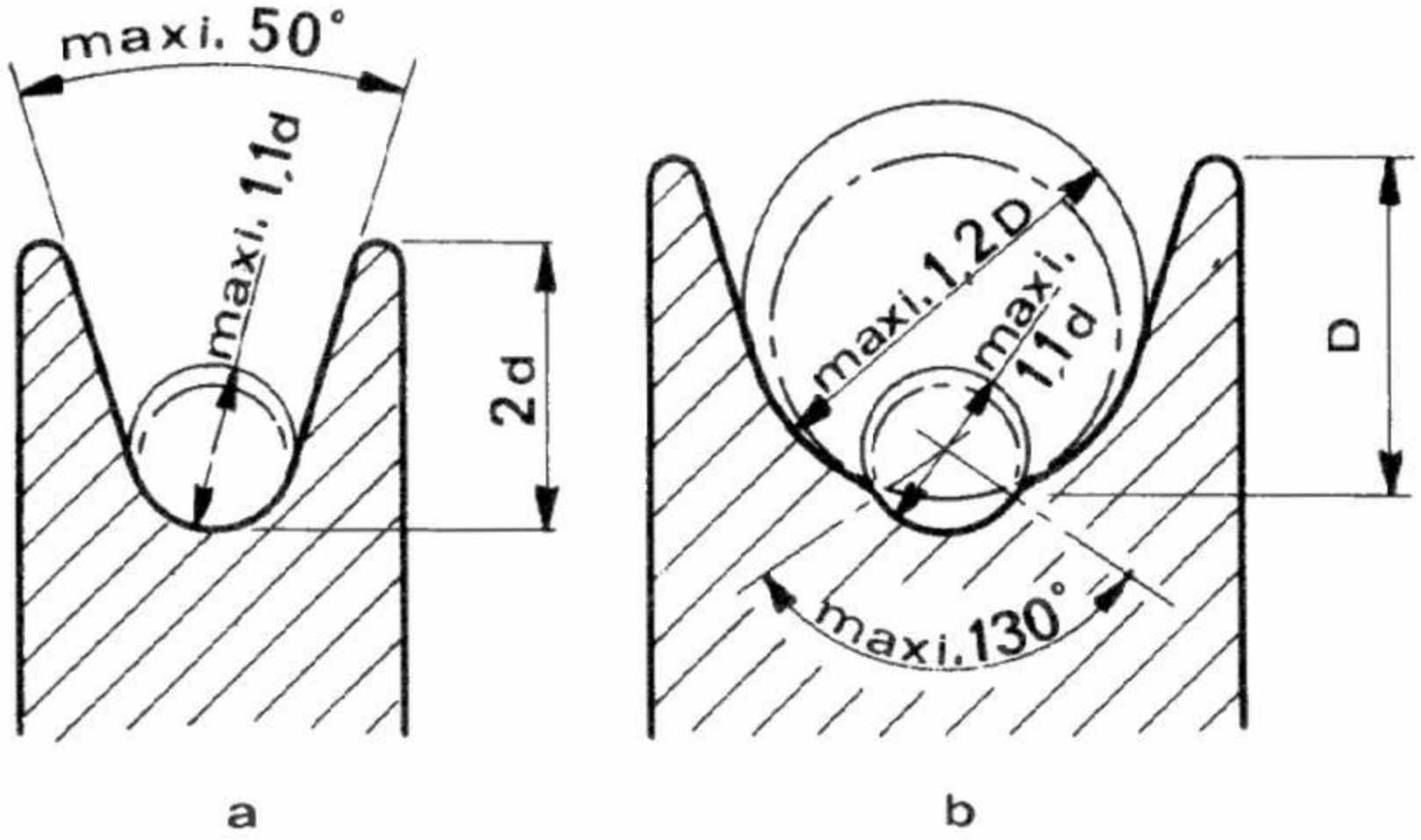


Figure I-4 — *Forme des gorges de réa :*

a) câble seul ;
b) câble et cordage (écoutes ou drisses mixtes) ;
d = diamètre du câble ;
D = diamètre du cordage ou du fourrage de l'épissure de liaison.

TAMBOURS EMMAGASINEURS

Pour les tambours de treuil à gorge d'enroulement, le pas de l'hélice doit être supérieur de 15 à 20 % au diamètre du câble et le diamètre extérieur égal au diamètre à fond de gorge plus deux tiers du diamètre du câble *(fig. I-5)*. Enfin, l'angle de déflection, c'est-à-dire l'angle que fait le câble par rapport au plan de la poulie de sortie, ne doit pas dépasser 1°30' de part et d'autre de ce plan.

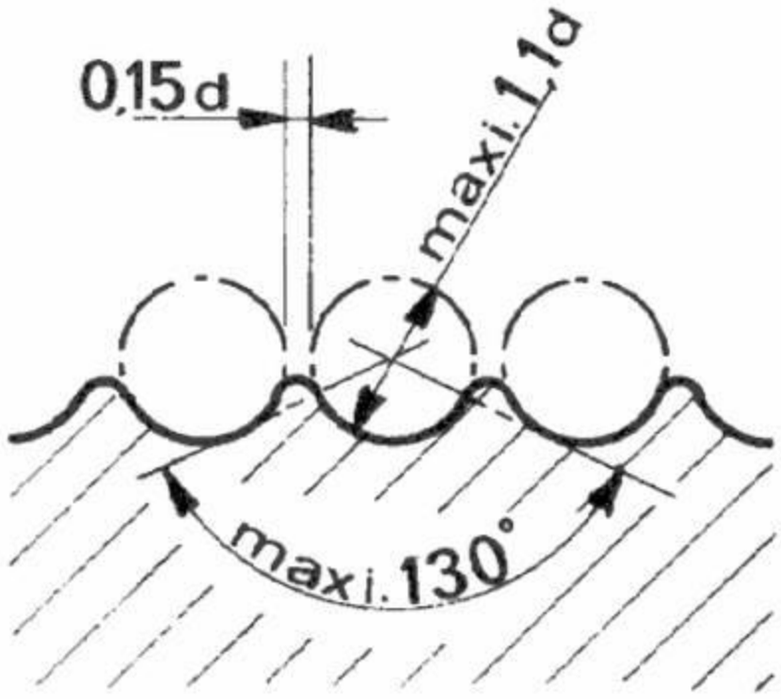


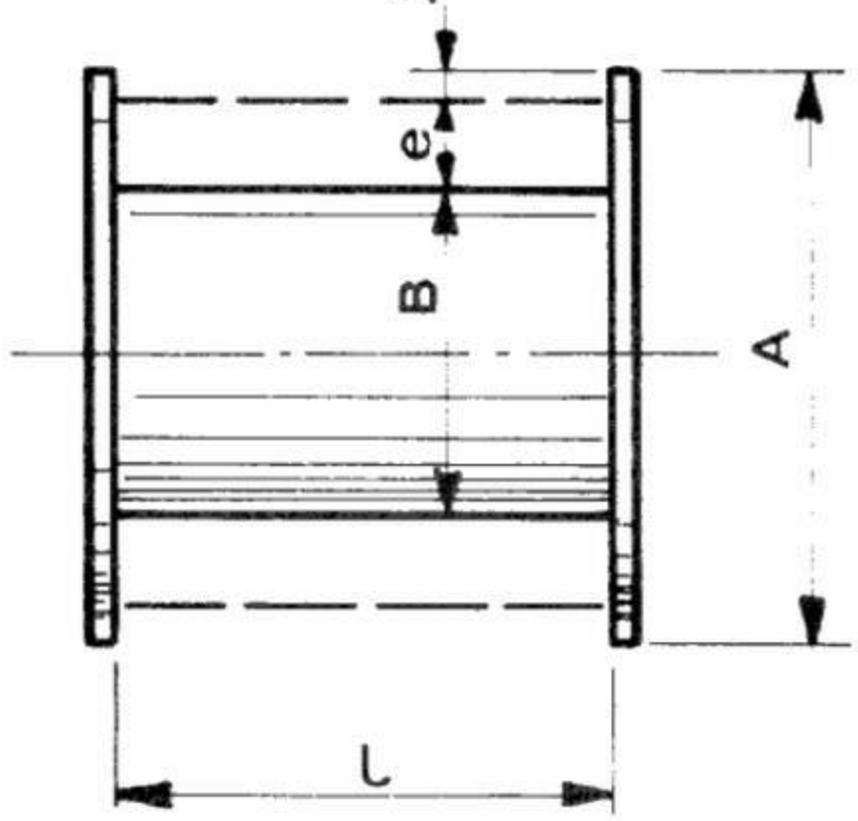
Figure I-5 — *Forme de la gorge hélicoïdale sur les tambours emmagasineurs.*

Autant que possible, on utilisera une poulie de drosse *(fig. I-6)* à la place d'un réa fixe pour le renvoi situé avant le tambour.

Le tableau I-VI donne la capacité des tambours de winches emmagasineurs.

TABLEAU I-VI

CAPACITÉ DES TAMBOURS EMMAGASINEURS



La longueur L de câble emmagasinable est fournie par la formule : $L = (e + B) \times e \times 1 \times C$ (toutes les dimensions en millimètres)

j étant le jeu nécessaire entre l'extérieur du câble et la cage

$$e = \frac{A - B}{2} - j.$$

C est un coefficient fonction du diamètre d du câble et égal à $\frac{\pi}{d^2}$ soit :

d =	C =
2,5	0,51
3	0,349
4	0,196
5	0,126
6	0,087
7	0,064
8	0,049
10	0,032
12	0,022
14	0,016
16	0,012

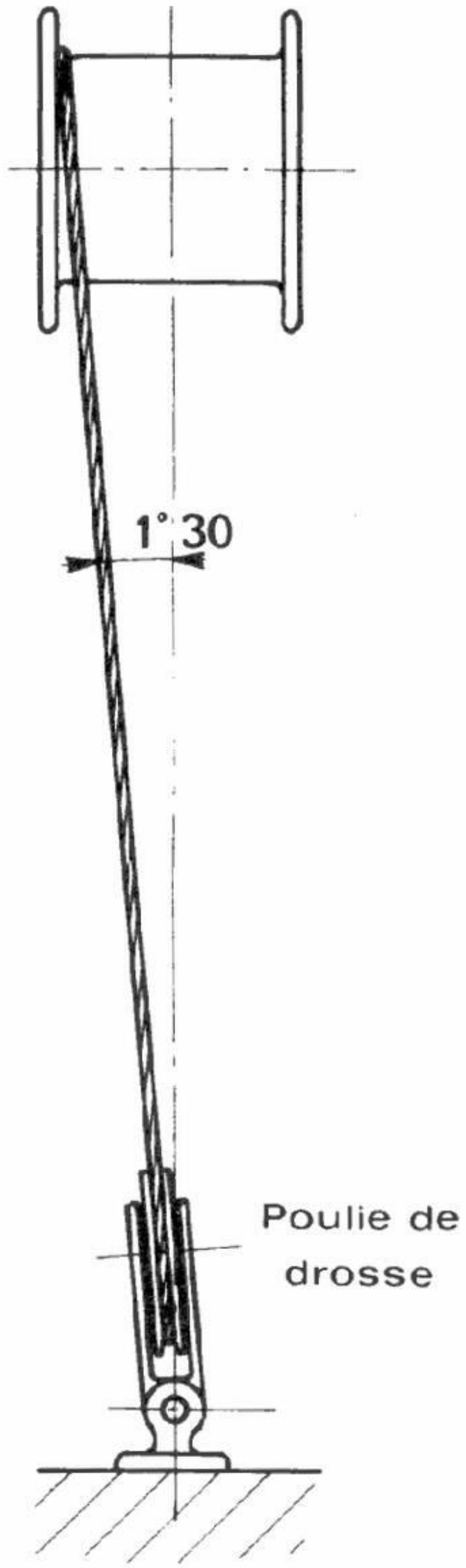


Figure I-6 — *Angle d'inclinaison maximum du câble sur les tambours emmagasineurs.*

ATTACHES DE CABLES

Autrefois, deux sortes d'attaches étaient utilisées : l'œil épissé sur cosse pour les petits diamètres jusqu'à 12 ou 14 mm environ et le culot à partir de 10 mm.

Nous verrons au chapitre III comment réaliser un œil épissé qu'il est toujours utile de savoir faire ne serait-ce qu'en cas de secours.

Culot

C'est une douille tronconique dans laquelle l'extrémité du câble est noyée dans du zinc ou un alliage de plomb, étain et antimoine. Le culottage du câble se fait en épanouissant en gerbe l'extrémité de celui-ci dont les fils sont ensuite repliés *(fig. I-7)*.

J'ai personnellement expérimenté il y a quelques années un procédé de brasure directe à l'argent sur du câble galvanisé et inoxydable. Le manchon d'un diamètre intérieur supérieur de quelques dizièmes de millimètre à celui du câble et d'une longueur égale à 5 fois ce diamètre était percé de 4 trous destinés à recevoir

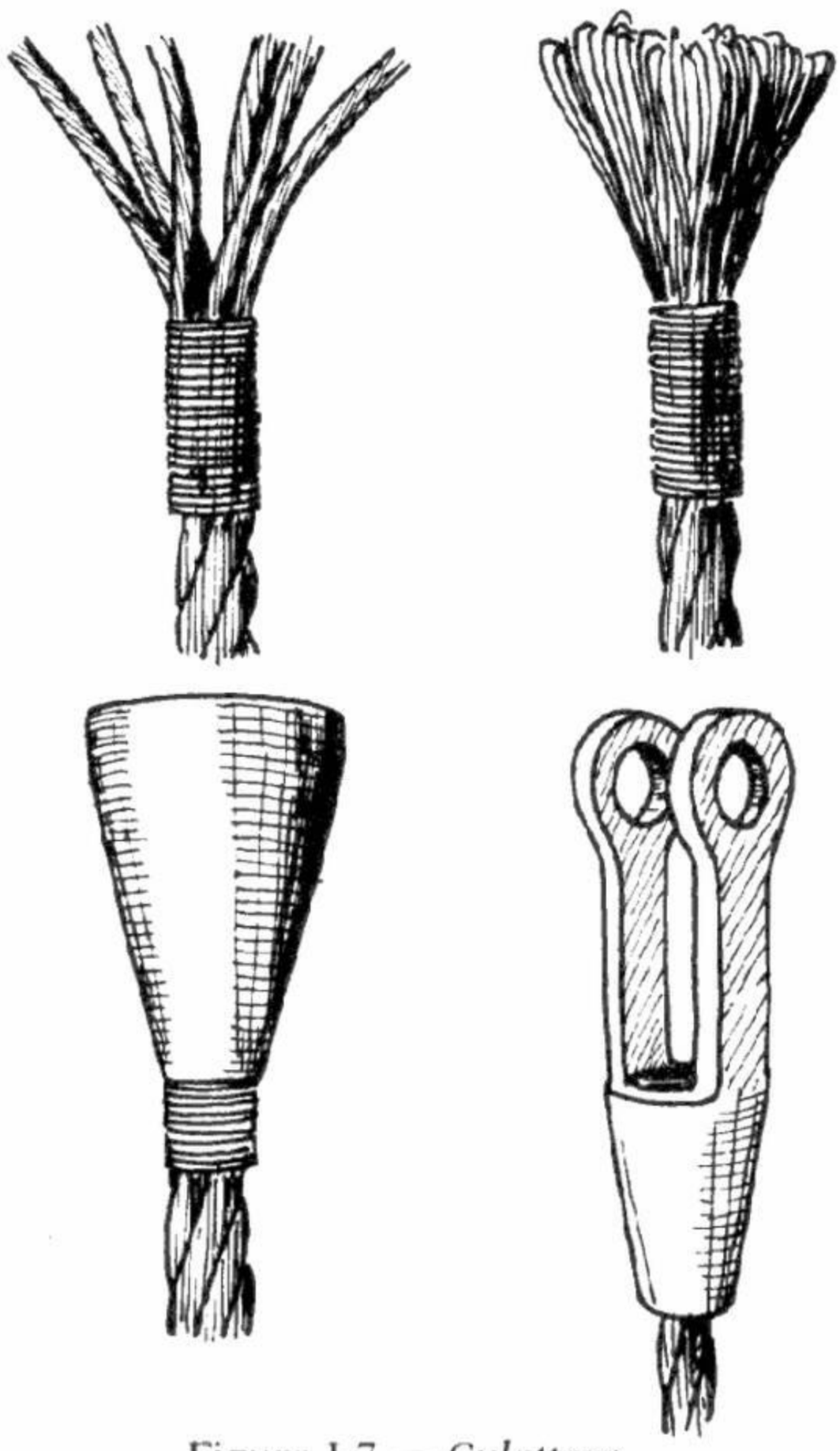


Figure I-7 — *Culottage.*

les paillons de brasure. La température relativement basse de la brasure n'avait pas détrempé les câbles qui s'étaient rompus loin du manchon sans que la brasure ait présenté la moindre trace de fatigue.

Ces procédés sont généralement remplacés aujourd'hui par un manchonnage ou le sertissage d'une pièce de liaison.

Manchons matricés

Ils ont été longtemps réalisés en alliages à base d'aluminium, mais plus souvent maintenant à base de cuivre. L'acier inoxydable forme en effet avec l'alliage léger un couple électrolytique qui le dégrade assez rapidement et conduit à la rupture du manchon. Il convient bien par contre, pour les câbles galvanisés. Le cuivre ayant un couple beaucoup plus faible avec l'acier inoxydable a une durée de vie plus longue.

Les manchons sont écrasés à la presse avec des matrices dont la forme doit être parfaitement étudiée. La pression de matriçage doit également être soigneusement contrôlée.

Les manchons en alliage léger pour câbles jusqu'à 3 mm peuvent être matricés au marteau.

La forme de l'extrémité arrière du manchon peut être cylindrique, arrondie ou tronconique. Cette dernière est meilleure car elle cache l'extrémité du brin mort, évitant la saillie de barbes toujours dangereuses. Elle demande, par contre, un peu plus de soin dans l'exécution *(fig. I-8)*.

Il faut citer également les manchons Nico pour câbles de 1,6 - 2,4 - 3,2 - 4 - 4,8 et 6,4 mm. Ils se matricent à l'aide d'une pince spéciale dont un modèle est commun aux 4 premières dimensions.

Cosses

Le diamètre minimum sur lequel on peut courber un câble ne peut descendre au-dessous de 4 à 5 fois son diamètre sans perte de résistance excessive. C'est pour cette raison, ainsi que pour assurer la protection du câble, que l'on place dans l'œil une cosse.

Pour les petits diamètres, jusqu'à 6 mm environ, on se contente en général d'une cosse cœur en acier inoxydable embouti. L'épaisseur du métal doit être suffisante pour que la cosse ne se déforme pas sous la traction. Les cosses normales ont une longueur intérieure égale à 1,5 fois leur largeur. Cela conduit à un angle beaucoup trop ouvert (60° environ) qui provoque une fatigue

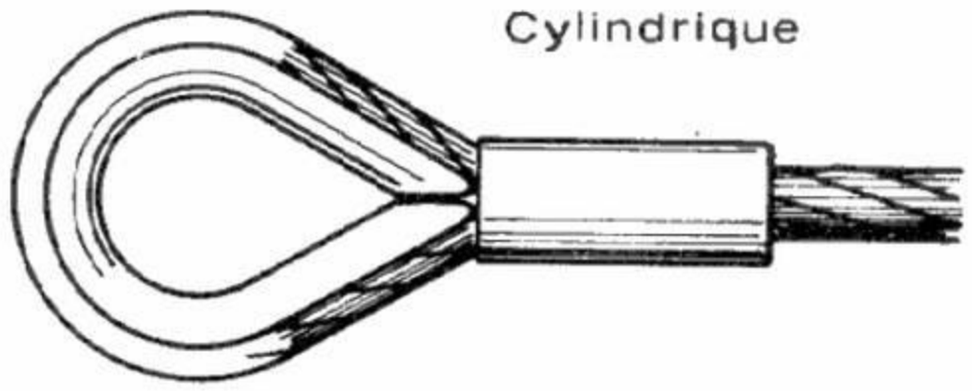


Figure I-8 — *Manchons matricés.*

excessive du câble et du manchon à leur entrée. La longueur devrait au moins être égale à deux fois le diamètre.

Dès que le diamètre du câble devient plus fort, la différence entre le diamètre des axes de ridoir et le diamètre intérieur de la cosse devient trop importante pour que celle-ci puisse résister à la déformation. Il faut alors utiliser des cosses pleines en bronze ou en acier matricé *(fig. I-9)*. Ces cosses sont malheureusement assez difficiles à trouver.

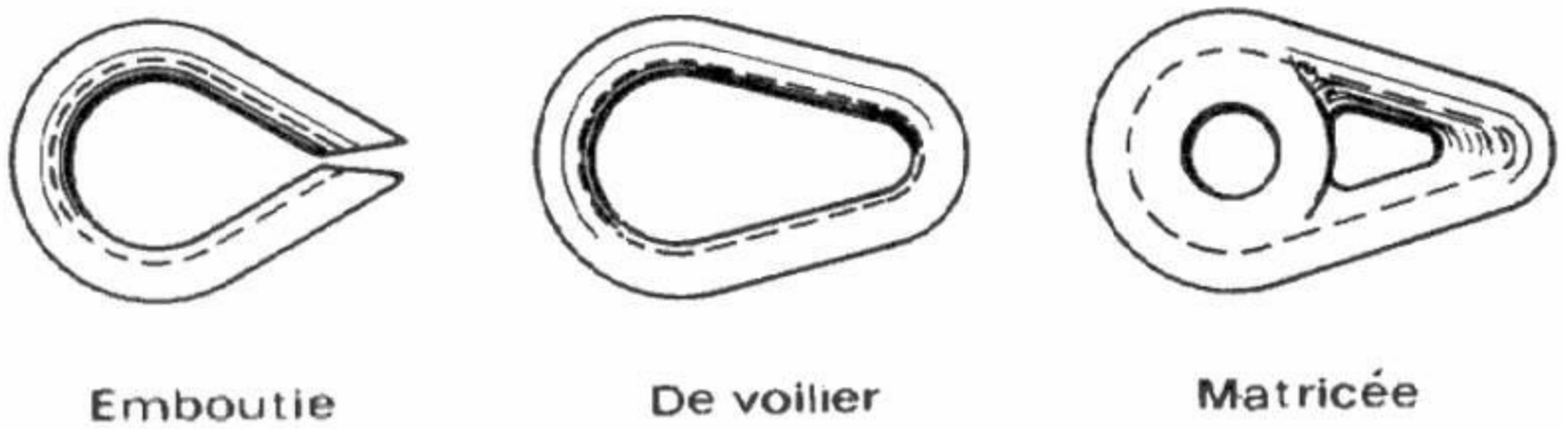


Figure I-9 — *Cosses.*

Embouts sertis

Cette technique dérivée de l'aéronautique consiste à sertir directement sur l'extrémité du câble un embout comportant l'élément de liaison désiré. Ce peut être une chape, un œil ou directement la vis d'un ridoir à cage *(fig. I-10)*.

Il existe également différentes formes d'embouts spéciaux adaptés à des systèmes de fixation particuliers à certains fabricants de mâts.

La qualité de l'acier utilisé et la précision du sertissage sont les principaux facteurs de qualité de ce procédé. Les dimensions maximums que l'on peut utiliser sont le diamètre 25,4 mm (1") en câble rigide monotoron et 12,7 mm (1/2") en câble souple 7 × 19.

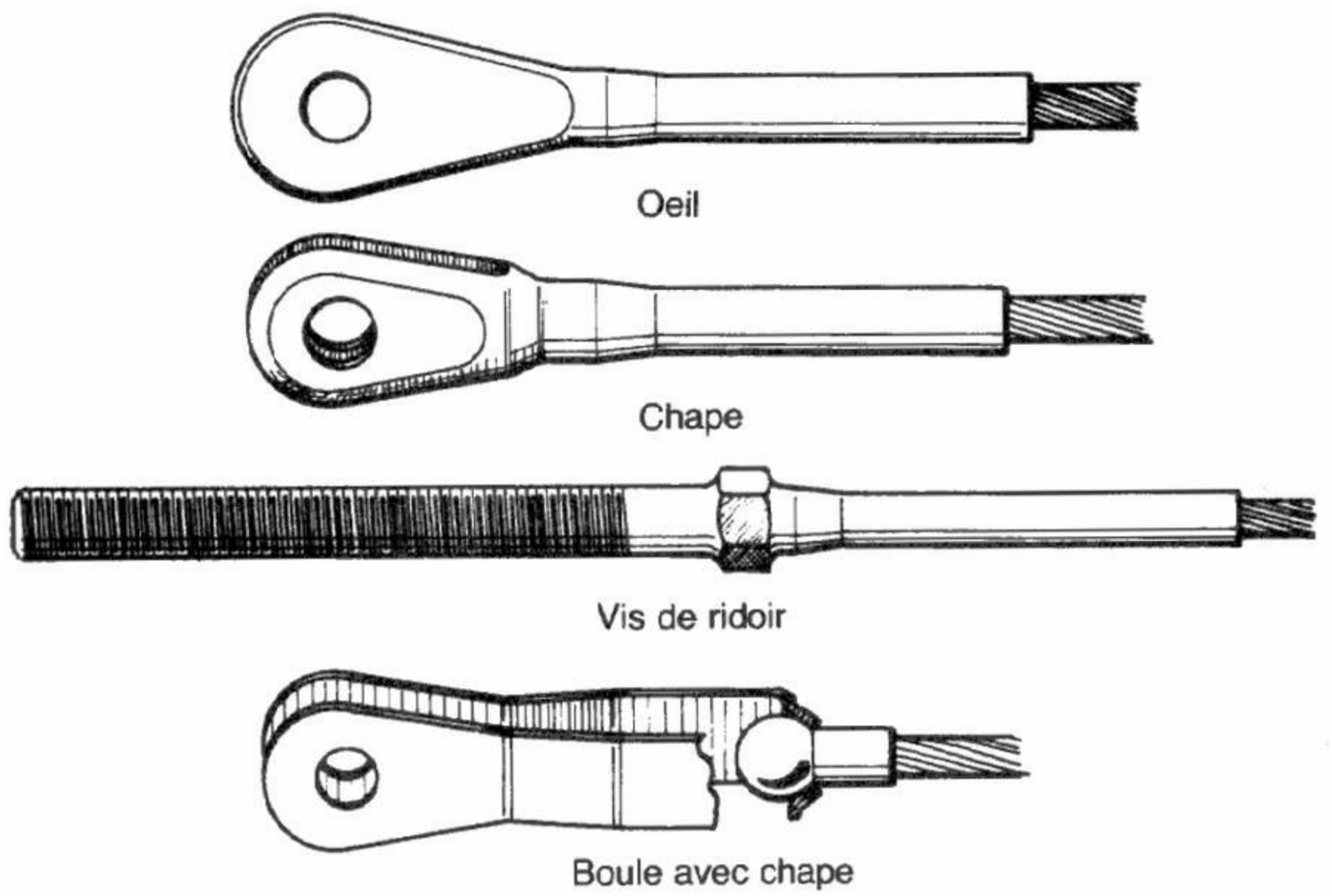


Figure I-10 — *Embouts sertis.*

On peut également classer dans les embouts sertis les boules qui peuvent être montées, soit en bout de câble où elles se combinent avec toutes sortes de chapes, soit en un point quelconque pour permettre un accrochage.

Elles existent pour des diamètres de 1,6 à 5,6 mm.

Le principal risque de détérioration, aussi bien pour les manchons que pour les embouts sertis ou à coincement, réside dans la corrosion par aération différentielle provoquée par l'introduction d'eau salée entre les fils et l'embout. On limitera ce risque en colmatant l'entrée de l'embout avec un mastic silicone.

Serre-câbles

Sauf à la rigueur pour des drosses de moteur hors-bord, les serre-câbles ne peuvent être considérés que comme des procédés de fortune. Ils sont cependant indispensables à bord en cas d'accident. Au système en tôle emboutie qu'il n'est pas toujours très facile de monter, je préfère le « bull-dog » *(fig. I-11)* que l'on enfile directement sur le câble. Il en faut 3 pour des câbles de 5 à 12 mm et la plaque doit être obligatoirement placée du côté opposé au brin mort pour éviter de déformer le câble et de l'affaiblir.

Il faut également signaler le système à vis fendue pour les câbles de 2,5 à 5 mm.

Enfin, on peut classer dans les serre-câbles, les embouts à coincement sur une noix, type *Norseman (fig. I-12)* ou *Sta-lok*.

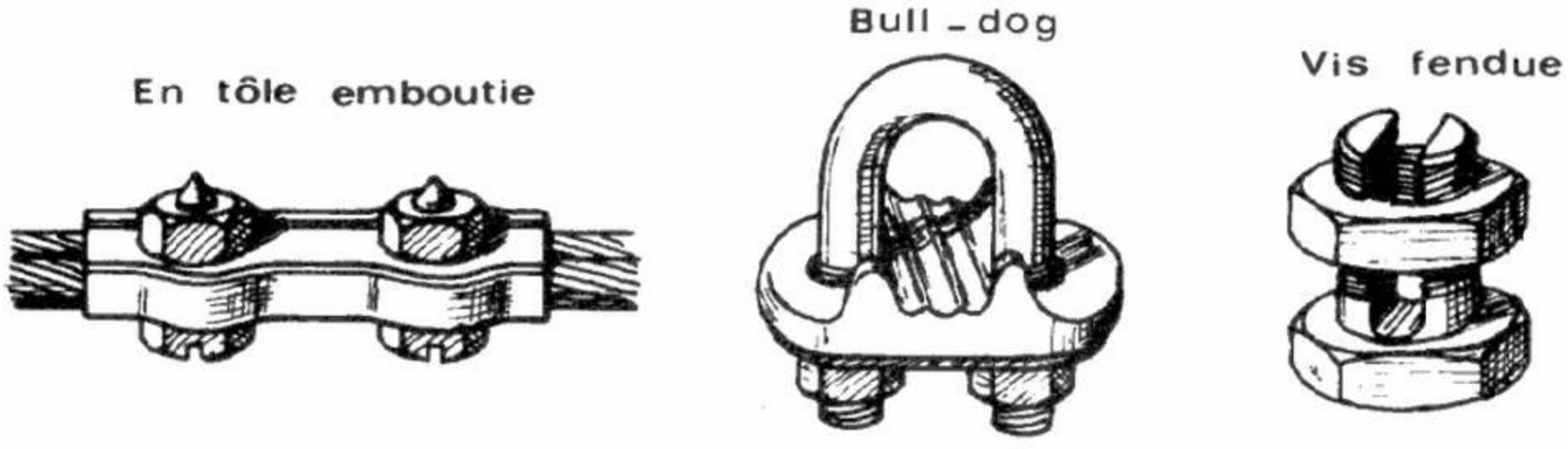


Figure I-11 — *Serre-câbles.*

Ils existent pour des diamètres de 2,5 à 25 mm avec chape, œil ou vis de ridoir ainsi qu'avec œil ovale ou croc pélican pour filières et isolateur. Ils sont fabriqués en acier inoxydable et peuvent recevoir des câbles de composition 1 + 19, 7 + 7 ou 7 + 19.

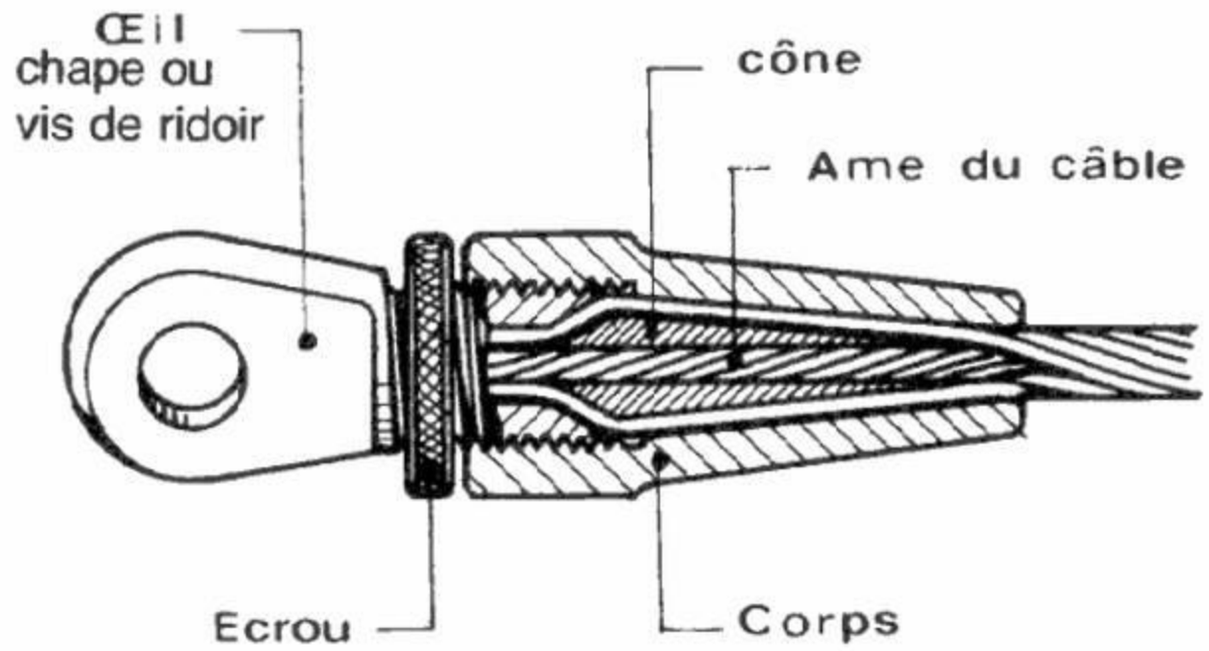


Figure I-12 — *Embout Norseman.*

Le montage de ces embouts demande un très grand soin, moyennant quoi on peut leur accorder une bonne fiabilité.

TABLEAU

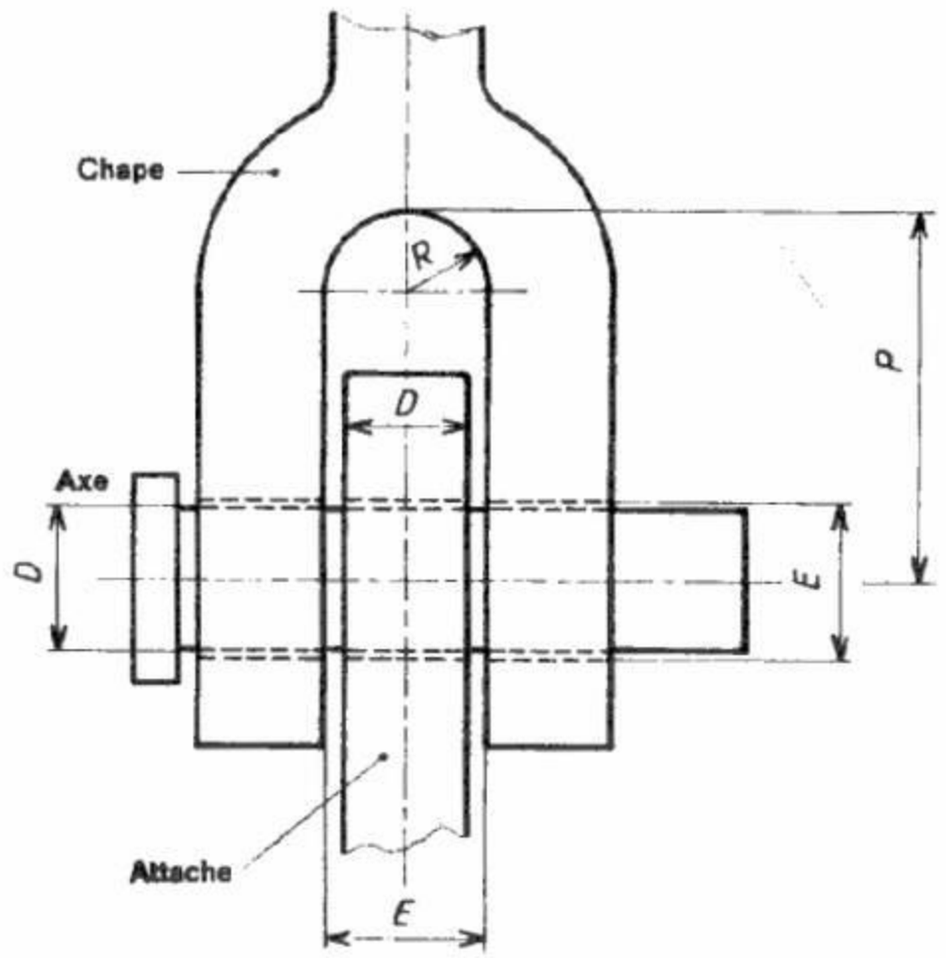
Normalisation des gréements

Il est bon de savoir que depuis 1970 existe une norme AFNOR pour les haubans, ridoirs et cadènes. Il faudra bien sûr, un certain temps avant qu'elle soit appliquée par tous les fabricants, il est néanmoins utile de la connaître.

Extrait de la Norme AFNOR J. 33-372 : Ridoirs pour câbles acier inoxydable et points d'attache de gréement.

4 DIMENSIONS

4.1 CHAPES ET ATTACHES



Désignation n°	Plages de diamètres de câbles mm	limite élastique daN	Alésages diamètre minimal E mm	Axes diamètre maximal D mm	Chapes écartement minimal E mm	Attaches épaisseur maximale D mm	Profondeur de chape utile $P-R$ mm
2	1,5 à 2,5	400	5,3	5	5,3	5	12
3	2,8 à 3,2	650	6,4	6	6,4	6	14
4	3,3 à 4,0	1 000	7,5	7	7,5	7	15
5	4,1 à 5,0	1 450	8,6	8	8,6	8	17
6	5,2 à 6,0	2 200	10,7	10	10,7	10	20
7	6,1 à 7,5	3 300	10,7	10	10,7	10	20
8	8,0 à 8,5	4 100	12,8	12	12,8	12	24
9	9,0 à 10,0	5 800	14,9	14	14,9	14	28
11	11,0 à 11,5	7 600	14,9	14	14,9	14	28
13	12,0 à 13,0	9 700	17	16	17	16	32

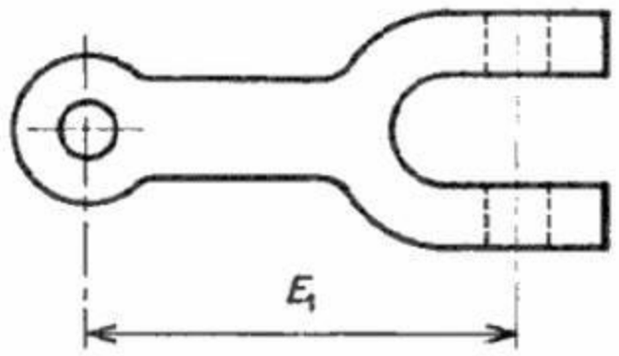
NOTA :

Les jeux *(E-D)* sont destinés à conserver une certaine souplesse à l'assemblage chape-attache,

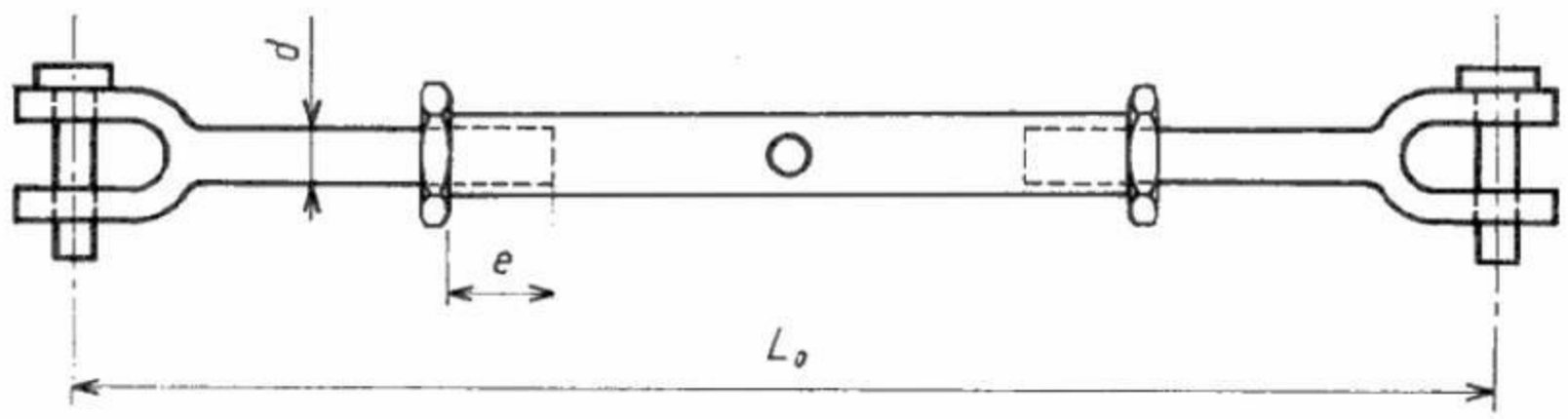
4.2 CARDAN D'ASSEMBLAGE

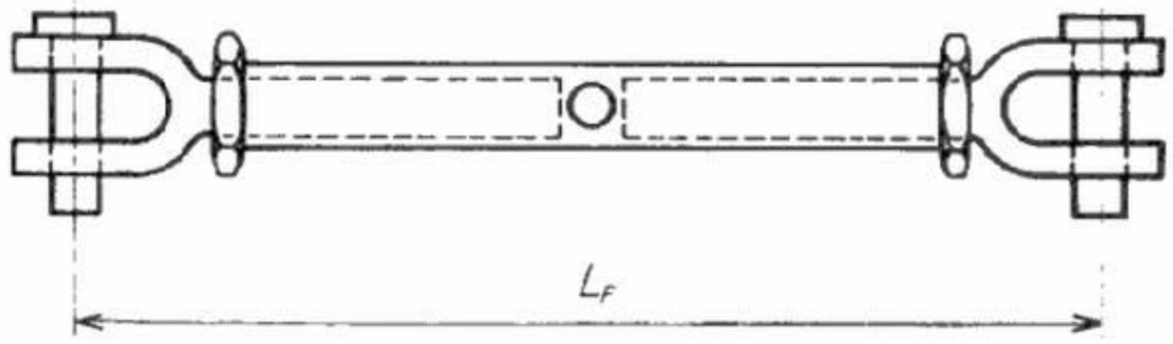
La chape et l'attache d'un cardan d'assemblage ont les mêmes dimensions que les chapes et attaches du ridoir correspondant. L'entraxe E_1 des axes de fixation a les dimensions suivantes :

Désignation n°	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**11**	**13**
Entraxe E_1 mm	**30**	**35**	**40**	**45**	**50**	**55**	**60**	**70**	**75**	**85**



4.3 LONGUEURS





Désignation nominale n°	**Longueur ridoir**		**Course**
	ouvert (°)	fermé (°°)	
2	**185**	**130**	**55**
3	**210**	**150**	**60**
4	**230**	**165**	**65**
5	**250**	**180**	**70**
6	**295**	**215**	**80**
7	**325**	**235**	**90**
8	**370**	**270**	**100**
9	**435**	**315**	**120**
11	**485**	**345**	**140**
13	**550**	**390**	**160**

(°) La longueur minimale d'implantation dans le fut « e » est égale à deux fois le diamètre « d » de la tige filetée.
Cette distance doit être repérée sur la tige, pour des raisons de sécurité. Pour les ridoirs à cage ouverte, la partie filetée de la cage doit être au moins égale à deux fois le diamètre de la tige.

(°°) Pour le calcul de la longueur fermée, il est tenu compte de l'épaisseur des écrous de blocage, ou de tout autre système de blocage.

4.4 FILETAGES

Les filetages des tiges filetées de ridoir doivent être choisis parmi les filetages ISO et plus particulièrement dans la liste suivante :

M 5 × 0,8, M 6 × 1, M 7 × 1, M 8 × 1, M 10 × 1,5, M 12 × 1,5,
M 14 × 1,5, M 16 × 1,5, M 18 × 1,5, M 20 × 1,5 . . . . . (**NF E 03**-013).

GRÉEMENTS EN FILS RONDS ET BARRES PROFILÉES

Nous avons vu que les opérations de câblage faisaient tomber d'une façon assez importante (65 à 70 %) la limite élastique et le module d'élasticité du métal. On aura donc intérêt lorsque l'on recherche les performances maximums : section minimum du gréement, allongement minimum, grande stabilité, à utiliser directement du fil ou mieux de la barre profilée.

L'utilisation de ces gréements demande des précautions particulières lors du mâtage et on doit éviter tout risque de rayure, qui formerait une amorce de rupture, ou de pliage, qui provoquerait une chute des caractéristiques mécaniques. Enfin, leur énergie de rupture étant plus faible, ils sont facilement sujets à des ruptures par vibration ou choc. Ils doivent donc être réservés à des bateaux de haute compétition.

Il est indispensable de leur laisser également le maximum de liberté et de prévoir des articulations à cardan aux deux extrémités.

Fils

Les fils en acier inoxydable 18/10 Mo, étiré dur et revenu, vont de 1 à 5 mm de diamètre, leur limite élastique est comprise entre 80 et 85 % de la résistance de rupture et leur module d'élasticité entre 18 000 et 19 000 daN/mm². Les valeurs données dans le tableau ci-après correspondent aux meilleures qualités que l'on puisse trouver.

TABLEAU I-VIII

RÉSISTANCE DES FILS D'ACIER INOX

DIAMETRE mm	Rr daN	Re daN
1	141- 153	120- 130
1,5	300- 335	255- 285
2	534- 596	454- 507
2,5	785- 883	628- 707
3	1 130-1 290	904-1 030
3,5	1 445-1 585	1 156-1 268
4	1 900-2 075	1 520-1 660
5	2 945-3 240	2 355-2 590

Jusqu'à 2 mm, les attaches seront faites avec un œil plié sur une cosse, enfilé dans un manchon en acier inoxydable de section ovale, l'extrémité du brin mort étant repliée sur le manchon *(fig. I-13)*.

A partir de 2,5 mm, on utilisera des embouts sertis qui seront assurés par une tête ou des crans matricés sur l'extrémité du fil.

Sur le 12 m J.I. *Intrepid* gagnant des épreuves de la Coupe de l'America en 1967, l'étai et le pataras étaient réalisés en fil d'acier

Figure I-13 — *Œil sur fil.*

ARMCO 17-4 PH. Il s'agit d'un acier martensitique à base de chrome-nickel et cuivre qui acquiert ses caractéristiques par traitement thermique. Celles-ci sont excellentes puisque la résistance à la rupture atteint au maximum, suivant le traitement, 140 daN/mm² pour un allongement moitié moindre de celui des aciers

TABLEAU I-IX

RÉSISTANCE DES HAUBANS EN ACIER 17-4 PH NDC

DIAMETRE		Rr daN
mm	pouces	
4,8	3/16	2 410
5,6	7/32	3 266
6,4	1/4	4 128
7,2	9/32	4 900
7,9	5/16	6 210
9,5	3/8	8 350
11,2	7/16	10 980
12,7	1/2	14 240

inoxydables 18/10 Mo. D'autre part, la résilience, la résistance sous tension en milieu corrosif ainsi que la dureté de surface et la tenue au grippage sont excellentes.

Existant en fils, barres, billettes, pouvant être soudés, forgés et fondus, nul doute que les aciers de ce type représentent le matériau de l'avenir tant pour les gréements que pour les pièces d'accastillage à hautes performances.

Des performances encore supérieures ont été obtenues avec les aciers à durcissement structural de la famille des Maraging utilisés en 1970 sur la plupart des participants de la Coupe de l'America. Après traitement la limite élastique de ces aciers se situe entre 175 et 185 daN/mm^2, malheureusement ils ne sont pas suffisamment inoxydables et les haubans doivent être graissés chaque jour pour éviter la corrosion.

Depuis, la société américaine Navtec qui équipe les 12 m J.I. de la Coupe de l'America et une grande part des voiliers IOR de haut de gamme utilise de l'acier ARMCO MP35N dont la résistance à la rupture est de 165 daN/mm^2 environ pour une limite élastique comprise entre 60 et 80 % de cette valeur. Cet acier est beaucoup plus résistant à la corrosion que les précédents. Pour les séries courantes Navtec utilise de l'acier ARMCO Nitronic 50 (alliage de carbone, manganèse, phosphore, soufre, chrome, nickel, molybdène, azote, columbium et vanadium) dont la résistance à la rupture est de 140 daN/mm^2 ; la résistance à la corrosion est légèrement inférieure au précédent mais encore supérieure à celle des aciers utilisés dans la confection des câbles.

La fixation dans les embouts est assurée par une tête hémisphérique matricée à froid, permettant un alignement automatique. Les embouts peuvent être à chape, à œil ou sur ridoir.

Le passage des galhaubans sur les embouts de barres de flèche s'effectue soit par des articulations sur lattes, soit par cintrage de la barre. Dans ce cas, celle-ci est enfilée au préalable dans un manchon et l'ensemble doit être cintré avec une précision de ± 5 % ce qui est très peu dans le cas d'un mât souple.

Lorsque *Ceramco New-Zealand* a démâté dans la première étape de la Course autour du monde de 1981/82 on a dit qu'une erreur de 10° dans le cintrage des galhaubans en était la cause. Une telle « erreur » semble difficile à concevoir car elle correspond à peu près à l'angle du galhauban lui-même. Personnellement j'estime qu'à moins d'être très concerné par les problèmes de fardage, une articulation est toujours préférable.

Le tableau I-X donne les caractéristiques des haubans en barre ronde Navtec.

TABLEAU I-X

CARACTÉRISTIQUES ET RÉSISTANCE DES HAUBANS EN BARRE RONDE NAVTEC

N°	d	Rr daN	Réglage en mm
3	3,63	1 500	76
4	4,37	2 135	76
6	5,03	2 860	89
8	5,72	3 725	92
10	6,35	4 675	105
12	7,14	5 675	105
17	8,38	7 945	127
22	9,5	10 215	140
30	11,1	13 620	152
40	12,7	16 345	165
48	14,3	20 885	165
60	16,8	26 790	178

Barres lenticulaires

Ce type de gréement utilisé à l'origine sur les 12 m J.I. se rencontre maintenant de plus en plus sur des voiliers de course au large.

En dehors des caractéristiques mécaniques qui sont sensiblement analogues à celles du fil, la résistance aérodynamique est très inférieure au fil rond. C'est ainsi que pour un angle d'incidence du vent de 19° par rapport au grand axe de la section, la traînée est seulement de 1/3,5 de celle du fil rond de même résistance. L'angle d'incidence de 19° n'est pas choisi arbitrairement, joint à un calage de la barre de 3° vers l'extérieur, il correspond à une résistance aérodynamique sensiblement égale sur les haubans au vent et sous le vent *(fig. I-14)*.

Sur des bateaux serrant le vent à un angle d'incidence moins élevé que les 12 m J.I. l'angle de calage sera compris entre 10° et 15° vers l'extérieur.

La section, sensiblement elliptique, est formée à la molette à partir d'une barre ronde.

On conserve cependant une partie cylindrique à la base des haubans pour éviter l'usure des écoutes.

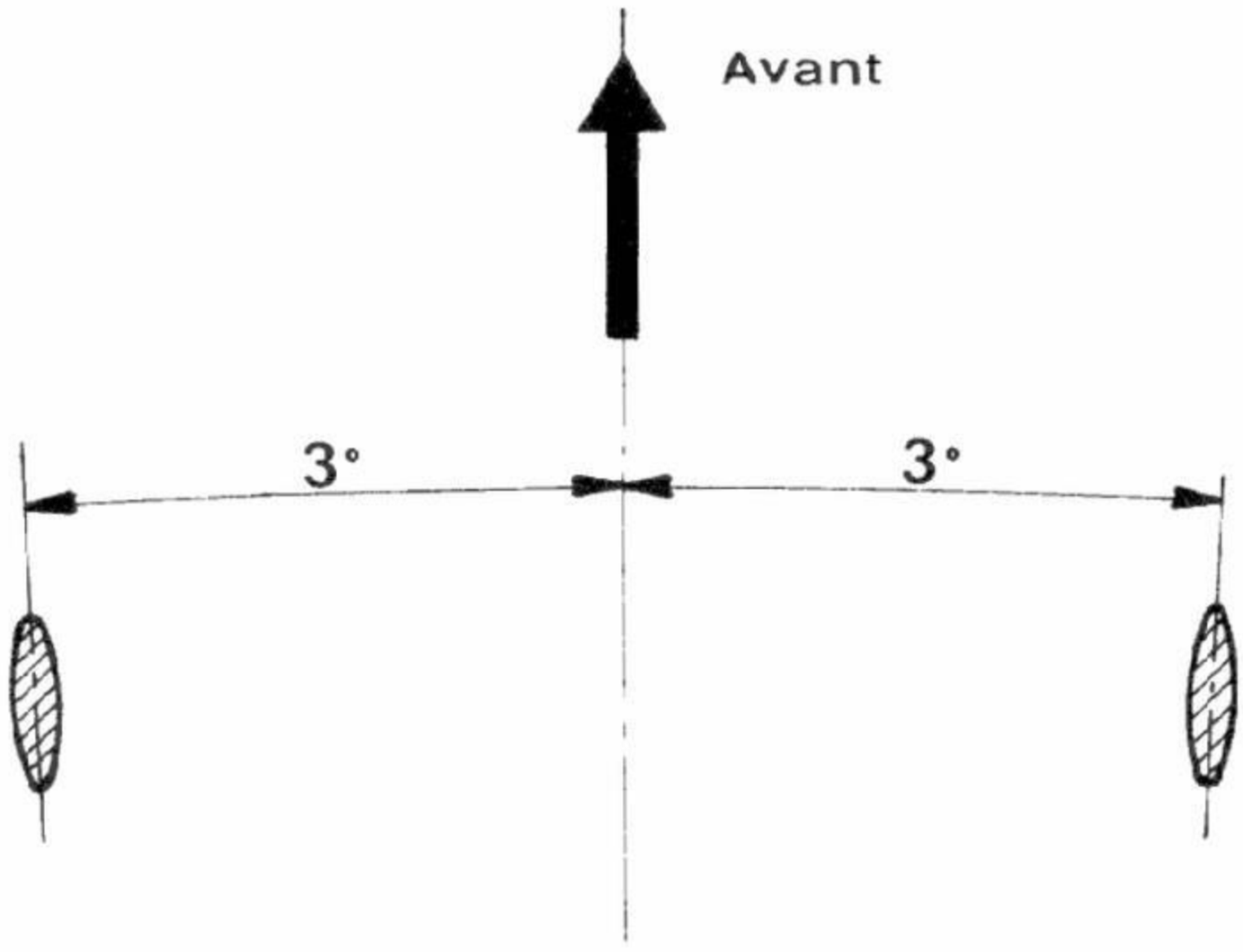
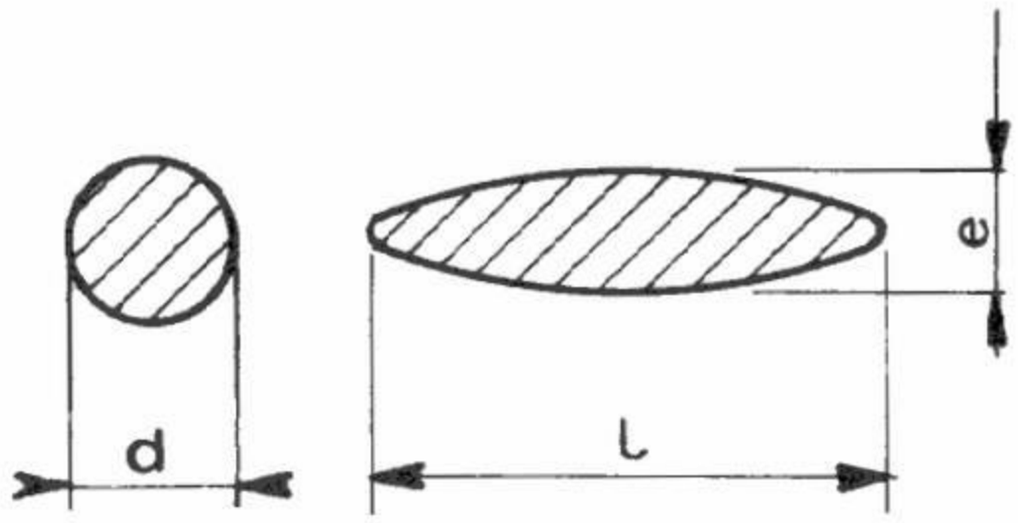


Figure I-14 — *Calage des barres lenticulaires.*

TABLEAU I-XI

CARACTÉRISTIQUES ET RÉSISTANCE DES BARRES PROFILÉES ROD RIGGING



d	l	e	DIAMETRE DU FILETAGE		Rr daN	Réglage en mm
			en pouces	en mm		
3,46	4,75	1,68	4BA (9/64)	3,6	815	45
3,97	5,84	2,24	2BA (3/16)	4,75	1 425	45
4,76	8,50	2,79	1/4 BSF	6,35	2 725	50
6,35	10,80	3,35	5/16 «	7,94	4 355	50
7,75	12,95	4,19	3/8 «	9,52	7 245	50
9,52	15,50	4,75	7/16 «	11,11	9 200	70
11,11	17,65	5,43	1/2 «	12,70	12 050	70
13,49	20,70	6,80	9/16 «	14,29	15 875	90
15,48	21,47	7,29	5/8 «	15,87	19 000	90

Aux extrémités de la barre deux filetages de pas contraires sont formés à la molette afin de ne pas affaiblir la section. Ils reçoivent des embouts vissés en bronze ou en acier inoxydable arrêtés par une goupille.

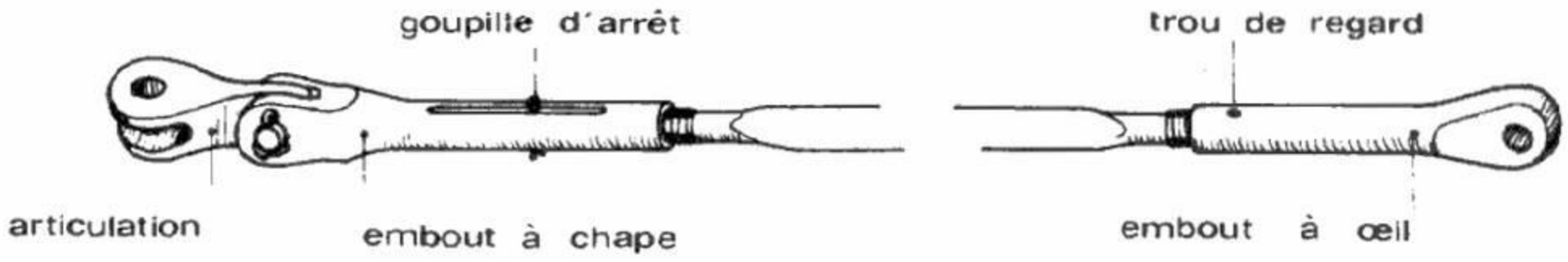


Figure I-15 — *Embouts de barres lenticulaires.*

En Europe, ces gréements sont fabriqués par South Coast Rod Rigging Ltd. Po. Box nº 1 - Emsworth (Hants) en acier inoxydable EN58J (norme anglaise correspondant à un acier 18/12 au molybdène). Le tableau I-X donne les dimensions existantes.

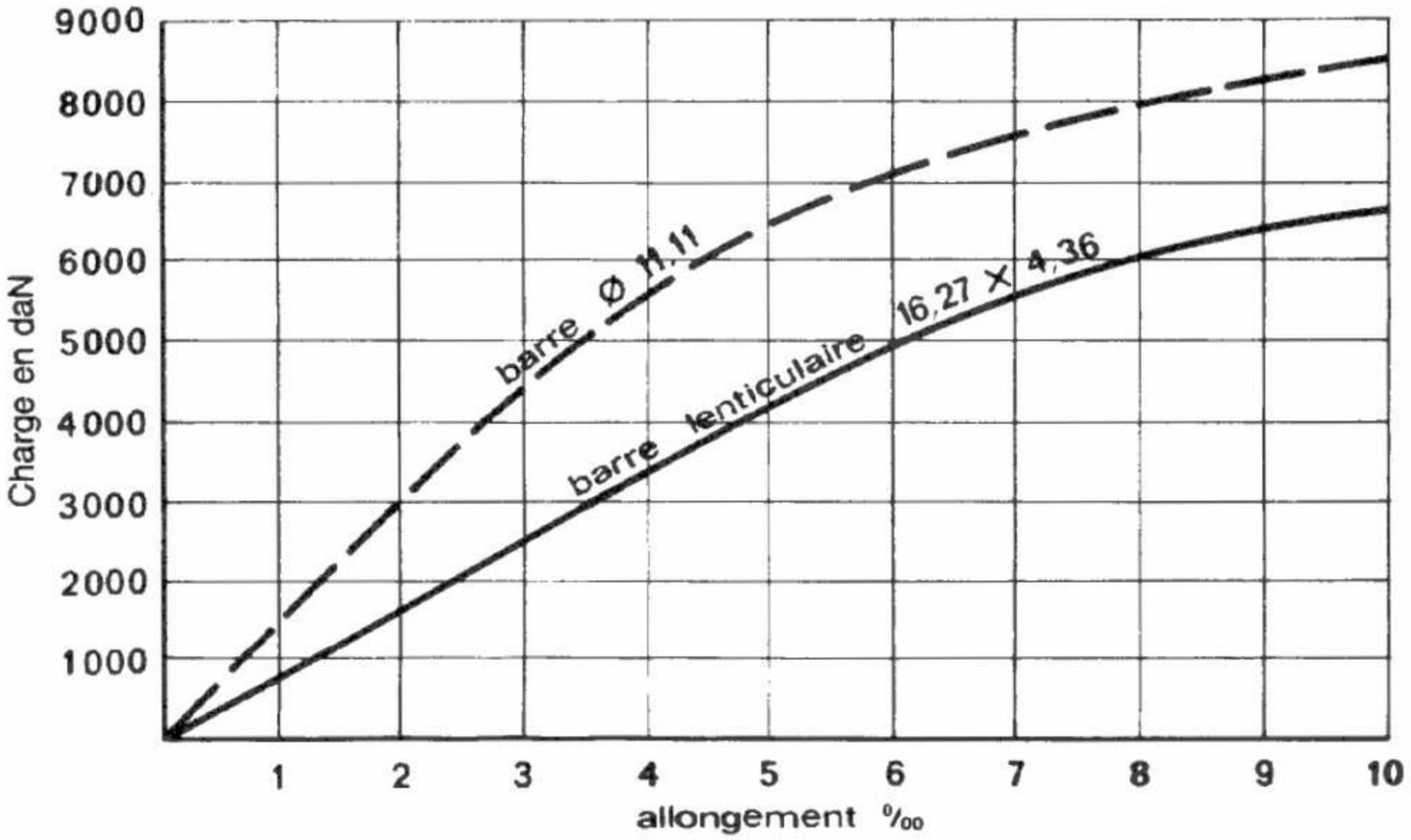


Figure I-16 — *Courbes d'allongement des barres rondes et lenticulaires Rod Rigging.*

Navtec fabrique également des barres lenticulaires. La section standard est une ellipse de rapport 1,5/1. Pour les 12 m J.I. et d'autres voiliers destinés à des régates sur parcours olympique dans lesquelles la proportion de navigation au près est particulièrement élevée, une section de rapport 4/1 est disponible.

La limite élastique des gréements en barre est environ de 60 % de la résistance à la rupture. Mais ils sont surtout sensibles à la fatigue

TABLEAU I-XII

RÉSISTANCE DES HAUBANS NAVTEC EN BARRE LENTICULAIRE STANDARD

N°	Rr daN
3	1 270
4	1 815
6	2 405
8	3 130
10	3 945
12	4 810
17	6 760
22	8 800
30	11 520
40	13 880
48	18 500

provoquée par les vibrations. Du fait de leur absence d'allongement résiduel et de leur faible allongement sous charge *(fig. I-16)*, la tension initiale sera aussi réduite que possible (jamais supérieure à 20 % de la résistance à la rupture), en aucun cas il ne faudra laisser « chanter » un gréement en barre, même si pour cela il est nécessaire de le détendre au port.

Le C-stay

Etudié en 1970 par Hood, sous la marque *Sea-stay* c'est une barre creuse en forme de C dans laquelle la ralingue de foc vient directement s'enfiler comme la ralingue d'une grand-voile dans la gorge du mât. Il a pratiquement disparu avec l'apparition des profilés d'étai.

UTILISATION DU TITANE POUR LES GRÉEMENTS

Les alliages de titane sont actuellement parmi les matériaux vedettes de l'industrie aéronautique et spatiale. La principale raison en est leur haut rapport résistance/poids. En effet, certaines nuances permettent d'atteindre après traitement une résistance

supérieure à 100 daN/mm² pour une densité de 4,4. Par ailleurs, la résistance à la corrosion est excellente. Cependant en dehors de leur prix très élevé, ces alliages ont un module d'élasticité beaucoup plus bas que les aciers (E = 11 000 environ) ce qui donnerait des caractéristiques d'allongement sensiblement égales à celles des câbles.

Ne s'écrouissant pas à l'étirage comme les aciers, leurs caractéristiques n'en sont pas améliorées et il ne semble pas que dans l'état actuel, ils présentent un intérêt, sauf pour de très gros bateaux ou dans des cas très particuliers comme les 12 m J.I. de la Coupe de l'America. Le titane fut utilisé en 1970 sur certains haubans d'*Intrepid* et de *Valiant*. Depuis les règlements de l'I.Y.R.U. en ont pratiquement interdit l'utilisation.

NI CABLE, NI CORDAGE : LES FILS POLYESTER ENROBÉS

Depuis de nombreuses années, les fabricants de matières synthétiques tentent de concurrencer le câble métallique par des câbles constitués d'une âme en fils polyester à haute résistance enrobés dans une gaine de polyamide Nylon ou Alkathène.

Ces câbles sont produits en France par la Rhodiacéta sous le nom de Minoroc et en Angleterre par ICI sous le nom de Parafil (diffusés en France par Platismo).

Les deux produits diffèrent un peu dans leurs caractéristiques; celles du Minoroc étant légèrement supérieures, mais la gamme de diamètres plus restreinte. En comparaison avec le câble inox monotoron, à résistance égale le Minoroc est d'un diamètre sensiblement double, d'un poids inférieur de 0 à 40 % mais l'allongement à la rupture est supérieur à 10 % contre 15 à 20 % pour le câble inox. Son utilisation comme gréement est donc impensable sur un voilier mais il permet de réaliser d'excellentes filières qui, étant amagnétiques, ne gênent pas les réceptions gonio.

Si le produit français ne comporte pas de système de terminaisons adapté, il existe différents types d'embouts pour le Parafil, tous basés sur l'insertion d'un cône en Nylon à l'intérieur des fibres et blocage dans une douille.

TABLEAU I-XIII

CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DES CABLES MINOROC ET PARAFIL

MINOROC			PARAFIL		
∅ ext. mm	Rr daN	Poids g/m	∅ ext. mm	Rr daN	Poids g/m
3	200	8	6,6	510	36
			8,6	1 015	54
5	650	22	10,9	2 030	86
			13,4	3 560	128
6	850	30	17	5 080	208
			19,8	7 620	283
7	1 200	42	22,1	10 160	348
			27,7	15 240	557
			31	20 320	692

2. Gréement textile

Avec le développement des matières synthétiques, le plaisancier dispose maintenant d'une panoplie de cordages s'adaptant, par leurs caractéristiques, à toutes les utilisations.

Ces cordages se présentent sous différentes formes, toronnées ou tressées, qui augmentent encore la gamme des caractéristiques finales possibles.

Les cordages synthétiques ont en commun une résistance mécanique très supérieure qu'ils conservent pratiquement intacte à l'état humide et par conséquent une grande stabilité dimensionnelle. Ils sont de plus imputrescibles et certains possèdent une élasticité très grande, particulièrement intéressante pour les mouillages et les remorquages.

Le seul reproche qu'on peut leur faire est d'être très mauvais conducteurs de la chaleur, ce qui produit un échauffement important aux points de ragage ou peut provoquer des brûlures si on les laisse glisser dans la main.

En ce qui concerne le toucher, on peut fabriquer maintenant des cordages en filés de fibres discontinues (ou peignées) qui donnent le même aspect que le coton, au prix d'une faible perte de résistance.

Le coton, le chanvre, le manille et le sisal ne sont donc plus guère utilisés.

CARACTÉRISTIQUES DES MATIÈRES UTILISÉES

Les quatre matières utilisées principalement sont les polyamides (Nylon, Perlon), les polyesters (Tergal, Térylène, Dacron, Tétoron), les polyéthylènes ou polythènes (Courlène, Olétène) et les polypropylènes (Méraklon, Ulstron), enfin, plus récemment un polyamide aromatique (Kevlar).

Polyamides

Ils sont généralement utilisés en fils continus. Leur aspect est brillant et leur densité de 1,15 environ. Ils sont difficilement inflammables, n'entretiennent pas la combustion, leur point de fusion est compris entre 230° et 260° et ils dégagent une odeur de céleri.

Suivant le traitement qu'a subi le fil, la ténacité est variable.

Pour un fil normal la résistance est de 5 g par denier pour un module d'élasticité de 25 g par denier — particulièrement bas. Le fil haute ténacité a une résistance et un module d'élasticité plus élevés, respectivement de 7 et 40 g par denier, soit 85 et 500 daN/mm².

La résistance à la chaleur et aux rayons ultra-violets est assez faible provoquant un fort jaunissement.

Par contre, la résistance à l'abrasion, aux acides, à l'alcali, et aux moisissures est très bonne.

On en fait surtout des cordages toronnés, mais aussi des tresses carrées ou hélicoïdales avec ou sans âme.

Polyesters

Ils sont utilisés soit en fibres continues, soit en fibres discontinues refilées comme les fibres textiles naturelles. Dans le premier cas on obtiendra des fils blancs brillants (moins cependant que le Nylon) et dans le second, des fils mats. La densité est de 1,38 environ.

Ils sont difficilement inflammables, fondent à une température de 260° en dégageant une odeur aromatique et en formant des boules dures qui se détachent de la masse.

Comme pour les polyamides, les caractéristiques mécaniques dépendent de la ténacité. Pour un fil normal en fibres longues, la résistance est de 5 g par denier et le module d'élasticité de 80 à

100 g par denier. Ils passent respectivement à 7,5 et 100 à 120 g par denier pour un fil haute ténacité, soit 90 et 1 200 à 1 500 daN/mm².

Ces caractéristiques ne sont pratiquement pas affectées par l'humidité.

La résistance à la chaleur et aux ultra-violets est excellente de même qu'aux acides et à l'alcali, par contre la résistance à l'abrasion est plus faible que pour les polyamides (environ les 2/3).

On en fait des cordages brillants ou mats toronnés et des tresses hélicoïdales ou carrées avec ou sans âme.

Polyéthylène

Il est utilisé en fils à multifilaments ou plus souvent en crins (monofil de gros diamètre).

Les fibres fines ont un aspect très blanc et soyeux. Les crins sont blancs ou colorés dans la masse et ont un aspect gras au toucher.

La densité est de 0,96 ce qui lui permet de flotter. Le point de fusion est relativement bas : 132°. Il ne s'enflamme pas et fond en boules, en dégageant une odeur de bougie.

Sa résistance est de 5 g par denier, et son module d'élasticité de 30 à 35 g par denier, soit 60 et 400 daN/mm² environ. Il est donc presque aussi élastique que le Nylon et sa résistance n'est pas affectée par l'humidité mais perd environ 10 % de sa valeur au câblage. Il résiste bien aux acides et à l'abrasion.

On en fait des cordages bon marché, toronnés ou tressés. Ces cordages sont malheureusement assez raides et les nœuds ne tiennent pas sans être assurés.

Polypropylène

Il est utilisé également en fils et en crins blancs ou teints dans la masse, mais aussi en fibres filées. Sous cette dernière forme, l'aspect est chaud et doux. La densité est de 0,91 ce qui lui permet également de flotter. Le point de fusion est plus élevé : 175° environ. Il s'enflamme difficilement et fond en boules en dégageant une très légère odeur de caoutchouc. Ses résistances mécaniques sont analogues à celles du polyéthylène, bien qu'il soit un peu moins élastique (résistance à la rupture 50 daN/mm² environ). Il résiste aussi bien aux acides, aux bactéries et à l'abrasion.

On en fait des cordages toronnés ou tressés avec ou sans âme.

mats ou brillants, qui sont plus souples que ceux en polyéthylène, qu'ils tendent d'ailleurs à remplacer.

Kevlar

Cette fibre a été introduite sur le marché en 1972 par Du Pont de Nemours pour la réalisation des carcasses de pneumatiques. Baptisée aussitôt fibre « miracle » et utilisée dans des applications spatiales elle fut promue à toutes sortes d'utilisations sous forme de cordages ou de tissus. Dans les deux cas les succès, comme les échecs, ont été liés à ses caractéristiques mécaniques particulières. Celles-ci se définissent en effet par une très grande résistance à la rupture, 270 daN/mm², pour un allongement très faible, 4 % pour le Kevlar 29 destiné à la confection des cordages et 2,1 % pour le Kevlar 49 utilisé pour la fabrication des tissus. Ceci conduit à un module d'élasticité de respectivement 6 000 et 13 000 daN/mm². Avec une densité de 1,44 et 1,45 on obtient donc un matériau extrêmement performant. Malheureusement son très faible allongement ne permet pas d'obtenir une homogénéisation suffisante des contraintes dans les fibres au niveau des fils (très peu retordus dans ce but) ni, dans les tissus, une répartition convenable des efforts qui restent concentrés dans une zone ponctuelle. Ceci a conduit à de grands déboires lorsqu'on a voulu utiliser le Kevlar pour la trame des tissus de grand-voile; les efforts très concentrés au niveau du point d'écoute provoquaient un déchirement du tissu.

Dans son utilisation sous forme de cordage on doit pour les mêmes raisons éviter au Kevlar toute courbure de rayon trop faible. Le diamètre à fond de gorge des réas ou des poupées de winches ne devra jamais être inférieur à 15 fois celui de l'âme en Kevlar et l'amarrage sur taquet à oreilles est absolument prohibé de même que tout nœud ou épissure (sa résistance tombe alors à 37 % de sa valeur initiale).

Moyennant ces précautions, sa résistance supérieure au meilleur acier inoxydable pour un poids près de 6 fois plus faible et un allongement seulement 4 fois plus grand en fait un cordage merveilleux pour les drisses.

Sa résistance est bonne aux alcalis et acides de même qu'aux solvants, alcool, hydrocarbures, huiles et eau de mer.

En revanche la résistance aux radiations solaires et au ragage est mauvaise et le Kevlar n'est jamais utilisé (dans les cordages) que comme âme d'un cordage tressé comportant généralement deux gaines, la première en polyester ou en polyéthylène traité pour les rayons ultra-violets, la seconde en polyester.

Le tableau II-I ci-dessous donne les résistances moyennes des cordages à âme en Kevlar.

TABLEAU II-I

RÉSISTANCE DES CORDAGES EN KEVLAR

Diamètre mm	Résistance daN
5	500
6	1 000 - 1 500
8	2 100 - 2 500
10	3 600 - 3 900
12	6 000

DIFFÉRENTS TYPES DE CORDAGE

Il existe deux types principaux de cordages, le toronné et le tressé.

Toronné

Le *toronné* ou *câblé* est, dans les diamètres qui nous intéressent, constitué de 3 torons commis entre eux. Le commettage s'effectue en tordant chaque toron sur lui-même tout en les tordant ensemble en sens contraire. Les torons sont eux-mêmes constitués de un ou plusieurs fils de carets formés par les fibres retordues si elles.sont continues ou filées si elles sont discontinues.

Dans les gros diamètres, chaque fil ou merlin est lui-même commis en partant de 3 fils de carets.

Les torsions sont successivement de sens contraire pour arriver à la fin du commettage à un enroulement à droite.

Un enroulement est dit en Z lorsqu'il est à droite et en S lorsqu'il est à gauche *(fig. II-1)*.

Le cordage peut être commis à la machine ou en « long ». Le second procédé, artisanal, est directement hérité des méthodes d'autrefois. Il ne permet de fabriquer que des longueurs limitées. Il donne par contre, un contrôle plus précis de la régularité de la tension de chaque toron. Le retordage à la machine est par ailleurs plus économique et de ce fait presqu'universellement utilisé.

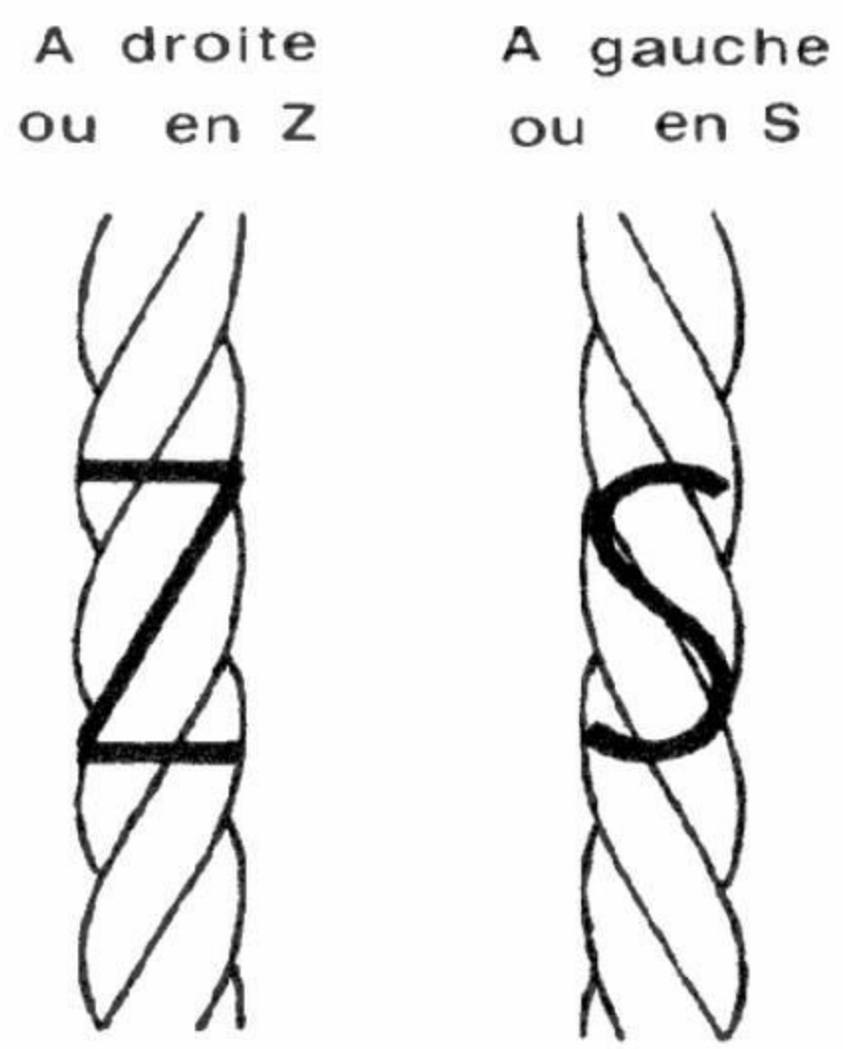


Figure II-1 — *Sens du commettage.*

Tressé

Les torons composant une tresse, ou fuseaux, peuvent être retordus ou constitués de plusieurs fils parallèles formant une nappe.

On distingue un certain nombre de compositions à base de une ou plusieurs tresses ou de combinaisons de tresses et de câblés.

La composition la plus simple est une tresse simple à huit fuseaux dite *hélicoïdale* dont le tressage en sens inverse de la torsion du toron place les fibres extérieures apparentes dans une direction parallèle à l'axe *(fig. II-2 a)*.

Toujours en une seule tresse la *drisse* tubulaire croise ses fuseaux à 90°. Elle comporte généralement 8 ou 16 fuseaux qui peuvent être composés d'une nappe ou de plusieurs fils *(fig. II-2 b)*. Ce sont les compositions que les anglo-saxons appellent « plaited ». Les fuseaux peuvent également être placés deux par deux (œil épissé *fig. III-12*).

Plusieurs drisses peuvent être tressées ensemble donnant un cordage dit « multiplait » généralement utilisé pour les aussières de fort diamètre ou les câblots de mouillage car il peut être épissé directement sur la chaîne. Il est antigiratoire et se trouve en polyamide, polyester et polypropylène.

Viennent ensuite les cordages comportant une tresse sur une âme câblée ou à fibres parallèles. La gaine extérieure est constituée

généralement de 8 ou 16 fuseaux croisés à 90° à partir de nappes de fibres ou de fils parallèles *(fig. II-2 c)* mais peut aller jusqu'à 48 fuseaux.

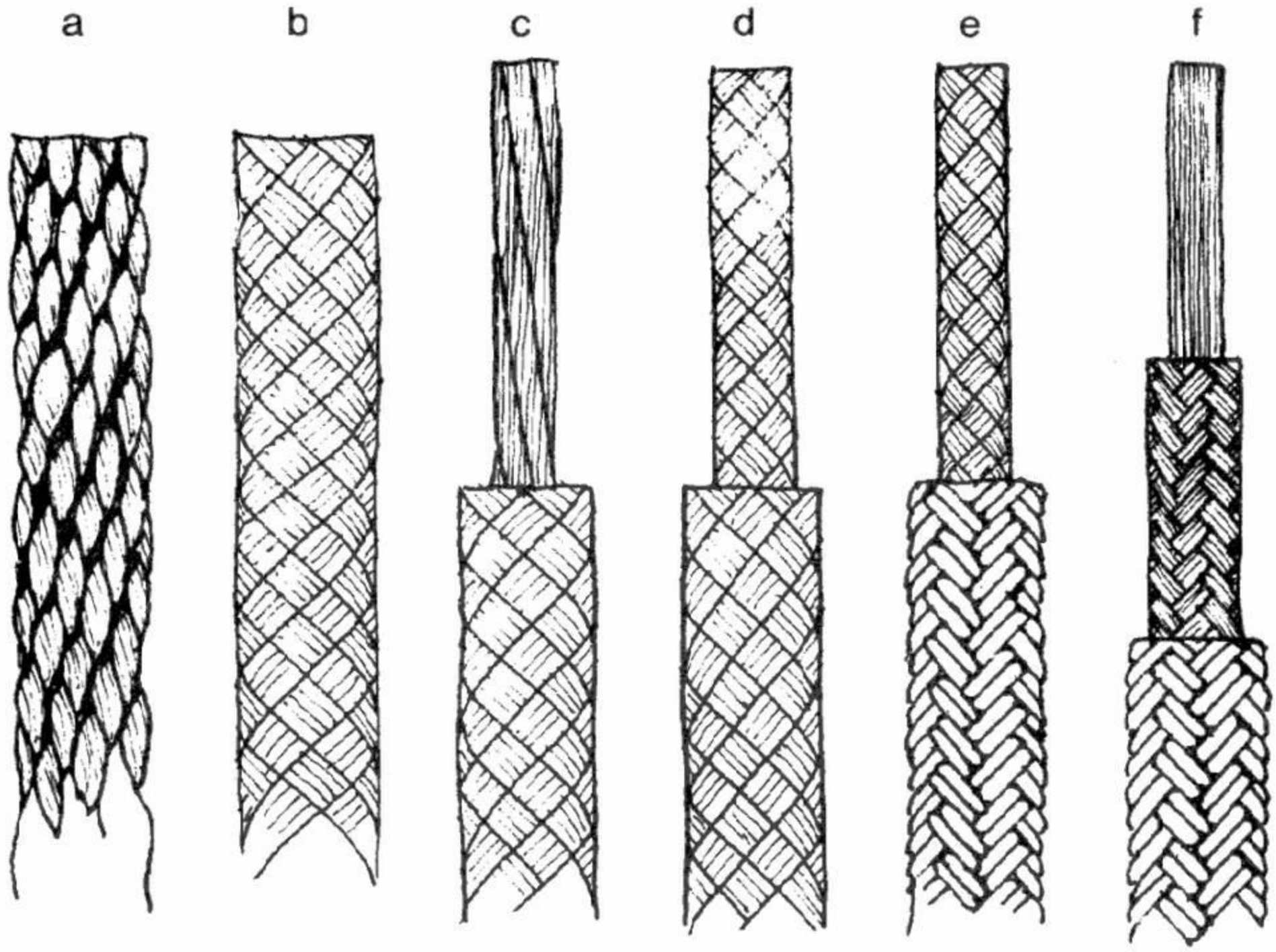


Figure II-2 — *Différents types de cordages tressés :*
a) tresse hélicoïdale ;
b) drisse tubulaire (plaited) ;
c) tresse simple sur âme câblée ou à fibres parallèles ;
d) double tresse (braided) ;
e) double tresse avec gaine en double fuseau ;
f) double tresse sur âme parallèle.

Ces cordages existent en polyester (Tempest Lancelin, Hurricane Seine et Lys, Prestretch Liros) en polyamide (Lancelin, Seine et Lys, etc.) en polypropylène (Alizée Seine et Lys, Nautic Liros) ou en combinaisons de deux matériaux.

La gaine extérieure peut être constituée de fuseaux réunis deux par deux (Mistral Seine et Lys).

Ces cordages permettent les épissures décrites dans les *figures III-13, 14 et 15.*

Lorsque l'âme est une tresse (généralement à 8 fuseaux), composi-

tion appelée « braided » par les anglo-saxons *(fig. II-2 d)* la gaine peut être constituée à partir de nappes de fibres ou de fils parallèles (8 tresses Marlow, Standard Gleistein, Regatta, Seastar Liros, Ouragan Seine et Lys) ou de fuseaux réunis deux par deux *(fig. II-2 e)* (Racing Liros, Samson Marina, Gemini Gleistein, Nobl'Cord Cousin, Coaxial Braidline Seine et Lys). Sous cette forme on trouve toutes les matières. Très souple, surtout en fibres continues, c'est le type de cordage qui permet le mieux les épissures décrites *figure III-16*.

Toutes les doubles tresses conviennent particulièrement bien pour les écoutes (surtout en polyester avec gaine extérieure en fibre peignée) ou les aussières ou câblots de mouillage (en polyamide ou combinaison polyamide et polypropylène).

Le cordage le plus performant est cependant constitué d'une double tresse sur âme parallèle, la gaine extérieure étant formée soit de fuseaux de fils parallèles (Gulf-Stream Lancelin, 16 tresses Marlow) ou réunis deux par deux (fig. *II-2 f*) (France Olympique Lancelin, Tresse Cup Gleistein). Après préétirage l'allongement d'un cordage polyester de ce type ne dépasse pas 3 % à 30 % de la résistance de rupture soit à peine plus du double d'un cordage à âme Kevlar. C'est donc le cordage idéal pour les drisses.

TEINTURE

Sauf pour le polyéthylène et le polypropylène dont les fibres peuvent être colorées dans la masse, les polyamides et les polyesters doivent être teints *a posteriori*.

Cette teinture peut se faire avant la filature ou après la fabrication du fil ou du cordage.

Dans le premier cas, en écartant les fibres, le cœur du fil apparaîtra blanc et dans le second ce sera l'intérieur du cordage, en écartant les torons.

Les polyamides ne sont pratiquement jamais teints et si, pour les identifier les fabricants y incluent souvent un fil de couleur, celui-ci est en polypropylène.

Les polyesters sont par contre proposés en différents coloris par de nombreux fabricants.

Ces coloris permettent une identification facile des manœuvres et le tableau ci-dessous donne un modèle de codage utilisable à base de deux types de marquage, la couleur unie pour les manœuvres

principales (drisses, écoutes, bras), le fil coloré pour les manœuvres secondaires (hale-bas, cunningham, retenues, etc.). Les quatre couleurs de base étant affectées de la façon suivante aux différentes voiles : blanc (ou noir) - grand-voile, vert - focs, bleu - spinnaker, rouge ou jaune - voiles d'étai. Ce n'est là qu'une suggestion qui peut être adaptée selon les disponibilités.

TABLEAU II-II

CODAGE DE COULEUR DES MANŒUVRES

VOILE	MANŒUVRE	COULEUR DE BASE	MARQUAGE
Grand-voile	Drisse	Blanc	Uni
	Ecoute	Blanc	Uni
	Cunningham	Blanc	Fil noir
	Chariot d'écoute	Blanc	Fil noir
	Etarquage du point d'écoute	Blanc	Fil noir
	Bosses de ris	Blanc	Uni
Génois et foc	Drisse	Vert	Uni
	Ecoutes	Vert	Uni
	Cunningham	Blanc	Fil vert
Spinnaker	Drisse	Bleu	Uni
	Ecoutes et bras	Bleu	Uni
Tangon de spinnaker	Balancine	Blanc	Fil bleu
	Retenue	Blanc	Fil bleu
Voiles d'étai	Drisse	Rouge	Uni
	Ecoutes	Rouge	Uni
Voiles d'étai de spinnaker, big-boy, tall-boy	Drisse	Jaune	Uni
	Ecoutes	Jaune	Uni

PRÉÉTIRAGE

La plupart des cordages sont soumis à un lessivage destiné à les débarrasser des produits d'enduction nécessaires à leur fabrication.

Ils subissent également un traitement thermique destiné à maintenir en place le commettage, comme le préformage des câbles métalliques. Mais si en même temps que la chaleur on applique au cordage une certaine tension, on augmente la ténacité du fil ce qui diminue ainsi considérablement l'allongement.

Trop souvent malheureusement le traitement à chaud est poussé trop loin ou effectué sans tension, ce qui donne des cordages raides et difficiles à manipuler et à épisser.

CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DES CORDAGES

Le tableau II-III donne la résistance à la rupture et le poids au mètre des cordages en différents matériaux et câblages.

Le graphique de la *figure II-3* donne les pourcentages d'allongement en fonction du pourcentage de la charge de rupture pour différents matériaux.

SOINS A APPORTER AUX CORDAGES

Un cordage toronné neuf est raide et a toujours tendance à former des coques. Si on en a la possibilité il est bon de le soumettre pendant quelque temps à une forte tension, par exemple en l'étirant entre deux arbres à l'aide d'un palan. Intercalez un émerillon entre le palan et le cordage car celui-ci se détord dans le sens inverse du commettage.

Un cordage sera toujours lové dans le sens de son commettage. Celui-ci étant dans la majorité des cas à droite, le cordage lové à droite c'est-à-dire dans le sens des aiguilles d'une montre. Pour compenser la torsion provoquée par la boucle on peut soit faire tourner légèrement le cordage entre le pouce et l'index, soit comme nous l'avons vu pour le câble faire alternativement une boucle et

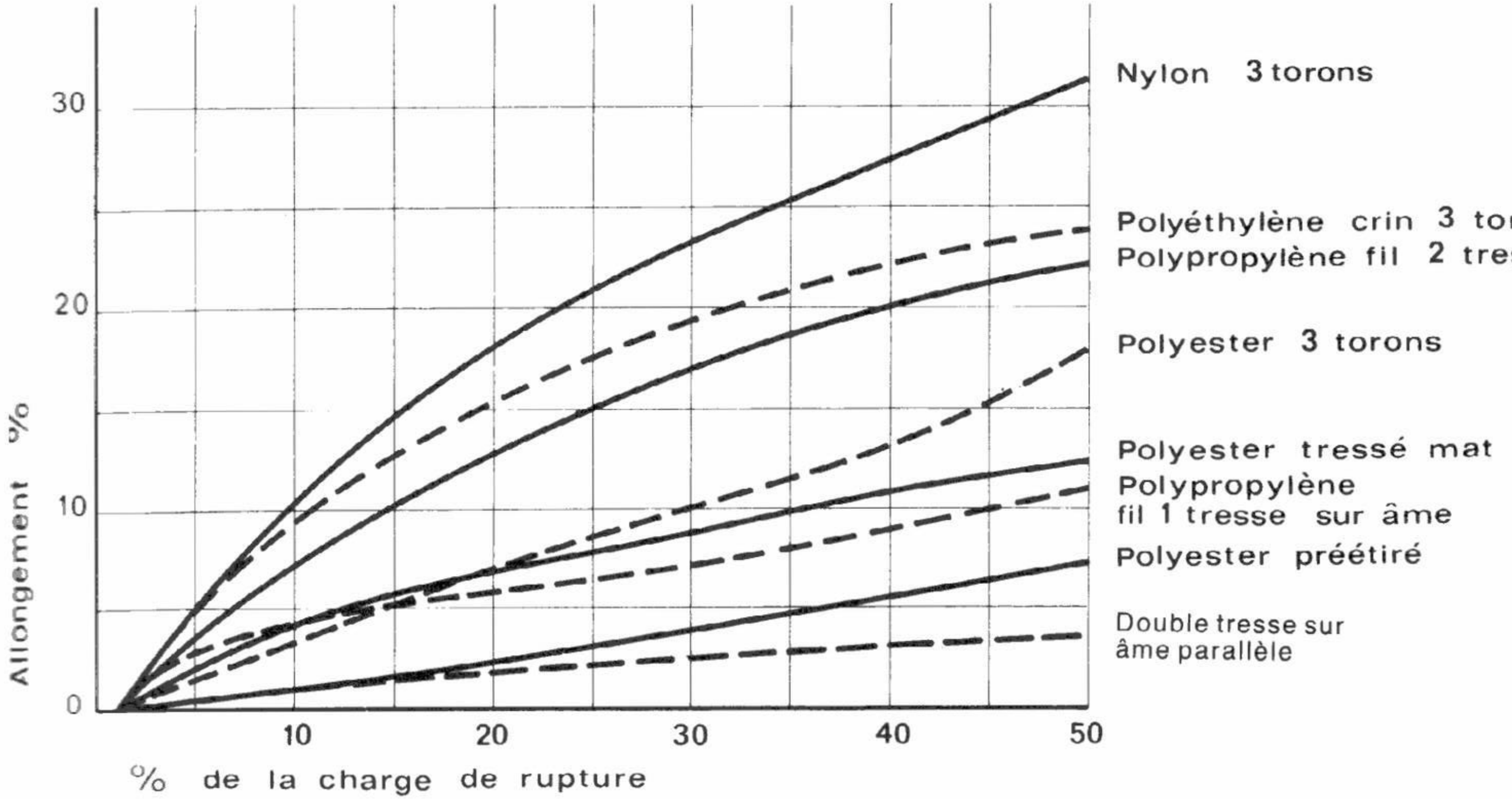


Figure II-3 — *Pourcentage d'allongement des cordages en fonction du pourcentage de la charge de rupture.*

TABLEAU

RÉSISTANCE A LA RUPTURE ET

D mm	CHANVRE		COTON				POLYAMIDE					
	Toronné		Toronné		Tressé/âme		Toronné traité		Tressé/âme		Tresse hélicoïdale	
	Rés. daN	P. g/m	Rés. daN	P. g/m	Rés. daN	P. g/m	Rés. daN	P. g/m	Rés. daN	P. g/m	Rés. daN	P. g/m
3	—	—	—	–	33	5,3	250	—	310	6,3	140	5
4	—	—	90	14	50	7	320	10	450	11	250	9
5	—	—	—	—	70	11	550	16	530	14,3	350	14
6	—	—	140	20	90	16	750	24	650	20	475	20
8	490	49	270	40	143	35	1 350	43	1 170	40	850	35
10	760	76	420	65	200	48	2 000	62	1 840	60	1 350	55
12	1 090	109	600	88	300	72	3 000	95	3 300	100	1 700	80
14	1 470	147	780	120	—	—	4 000	130	4 400	120	2 500	100
16	1 920	192	980	158	—	—	5 300	165	5 800	160	—	—
18	2 430	243	—	—	—	—	6 700	220	7 400	210	—	—
20	3 000	300	—	—	—	—	8 300	270	10 700	300	—	—
22	3 620	363	—	—	—	—	10 000	330	12 700	350	—	—
24	4 660	469	—	—	—	—	12 000	400	15 500	430	—	—

D mm	POLYETHYLENE FIBRILLE				POLYETHY-LENE CRIN		POLYPROPYLENE		
	Toronné		Tressé		Toronné		Toronné		Tressé/
	Rés. daN	P. g/m	Rés. daN	P. g/m	Rés. daN	P. g/m	Rés. daN	P. g/m	Rés. daN
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	—	—	180
5	380	12	300	10	—	—	—	—	250
6	630	17	460	13	—	—	480	16	350
8	925	26,5	750	22	700	33,3	870	29	1 100
10	1 445	41	950	36	1 090	50	1 300	44	1 250
12	2 050	59	1 200	50	1 540	73	1 860	63	1 560
14	2 775	79	—	—	2 090	97	2 560	87	2 200
16	3 630	103	—	—	2 800	130	3 250	112	—
18	4 532	131	—	—	3 460	164	4 130	143	—
20	5 470	158	—	—	4 270	204	5 040	175	—
22	6 650	191	—	—	5 080	248	6 120	214	—
24	8 500	247	—	—	6 430	318	7 800	275	—

Toutes les valeurs données dans ces tableaux sont des moyennes établies sur caractéristiques de différentes fabrications. On peut donc rencontrer des produits de caractéristiques supérieures ou inférieures.

II-III

POIDS AU MÈTRE DES CORDAGES

POLYESTER										D mm
Toronné		Tresse/âme		Tresse 2/1 sur âme		Double tresse	Double tresse 2/1		D. tresse/âme	
Rés. daN	P. g/m	Rés. daN	P. g/m	Rés. daN	P. g/m	Rés. daN	P. g/m	Rés. daN	P. g/m	
128	7	—	—	—	—	—	—	—	—	3
215	12	320	15	—	—	200	—	—	475	4
340	18,5	500	23	—	—	300	—	—	—	5
480	26	650	30	750	26	450	700	32	575	6
850	47	725	33	1 250	50	750	1 200	55	1 150	8
1 310	74	1 250	55	2 000	70	1 250	1 950	80	2 100	10
1 860	105	1 600	75	2 500	90	1 650	2 800	115	2 850	12
2 550	140	2 300	110	3 650	130	2 250	3 750	150	3 900	14
3 270	185	—	—	5 000	190	3 400	4 800	200	5 700	16
4 140	235	—	—	—	—	—	6 100	255	7 000	18
4 950	290	—	—	—	—	—	7 300	305	8 100	20
5 950	350	—	—	—	—	—	9 100	380	10 000	22
7 600	455	—	—	—	—	—	11 000	460	12 000	24

FIL CONTINU			POLYPROPYLENE MAT						D mm
âme	Tresse hélicoïdale		Tresse 8 fus./âme		Tresse 16 fus./âme		Tresse hélicoïdale/âme		
P. g/m	Rés. daN	P. g/m	Rés. daN	P. g/m	Rés. daN	P. g/m	Rés. daN	P. g/m	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	3
6,5	—	—	—	—	—	—	—	—	4
10	—	—	—	—	—	—	—	—	5
14	—	—	260	12,5	450	12,5	160	13	6
32	700	26	500	23,5	900	28	340	23,5	8
48	980	46	850	34	1 050	42	660	31,5	10
62	1 430	67	1 300	51	1 300	59	740	53,5	12
87	1 750	85	1 600	65	2 300	82	—	—	14
—	—	—	1 800	86	—	—	—	—	16
—	—	—	2 400	115	—	—	—	—	18
—	—	—	—	—	—	—	—	—	20
—	—	—	—	—	—	—	—	—	22
—	—	—	—	—	—	—	—	—	24

Cela est surtout vrai pour les cordages tressés dont les particularités du tressage peuvent faire varier les caractéristiques dans des proportions très importantes.

une demi-clef. Ceci est valable aussi bien pour les cordages toronnés que tressés.

Les textiles synthétiques étant à des degrés variables sensibles aux rayons solaires, à l'humidité et à l'agressivité atmosphérique seront le plus souvent possible rangés à l'ombre et au sec. Les drisses complémentaires et même les drisses principales si le bateau doit rester un certain temps inutilisé seront remplacées par un « messager », ligne de 2 ou 3 mm, qui servira à les renvoyer à leur poste le moment voulu. L'économie réalisée par l'augmentation de leur durée de vie peut être considérable. De même les écoutes de focs et de spinnakers seront rangées après chaque sortie, rincées à l'eau douce et séchées aussi souvent que possible et au moins à chaque désarmement.

Il faudra veiller également aux points d'usure des cordages, cages des réas ou des poulies, ferrures diverses et éliminer ceux-ci dans toute la mesure du possible, en choisissant des poulies suffisamment larges et dont les joues sont bien arrondies, des filoirs sans bavure intérieure, en déplaçant si nécessaire des poulies de renvoi ou en ajoutant d'autres pour écarter le cordage d'un point de frottement.

Le diamètre à fond de gorge des réas sera normalement égal à 8 fois celui du cordage et en aucun cas inférieur à 6 fois. Le diamètre de la gorge sera de 10 % supérieur à celui du cordage afin de pouvoir absorber l'écrasement de celui-ci.

Les cordages s'usent toujours aux mêmes points, généralement aux extrémités, réas de drisses, taquets coinceurs, etc... On peut prolonger leur vie en les prévoyant un peu trop long au départ, de façon à décaler progressivement le point d'usure ou en les retournant bout pour bout. Attention cependant à ne pas placer une partie trop affaiblie dans la partie travaillante du cordage. En l'occurrence l'avarice n'est pas mère de la sûreté.

3. Matelotage

On entend par matelotage l'art du gabier et en particulier celui du travail sur les gréements et les nœuds. Nous n'étudierons ici que les premiers qui sont directement en rapport avec la fabrication du gréement.

Ces travaux de matelotage nécessitent peu de matériel et de fournitures.

La trousse du gabier comprendra d'abord un très bon couteau à lame fixe inoxydable parfaitement affûtée (bien que l'inox garde peu de temps son fil), un épissoir en buis bien poli pour les cordages et un épissoir suédois pour les câbles. L'épissoir suédois est constitué d'une partie métallique pointue en tôle roulée fixée sur un manche en bois. Il permet d'enfiler facilement les torons les uns en dessous des autres.

Il faut encore quelques aiguilles de voilier N° 14 à 15, des aiguilles creuses, un crochet smyrne ou des aiguilles longues pour les cordages tressés (voir page 303), de la cire d'abeille, un briquet à gaz et une paumelle de voilier.

Pour couper le câble on utilise un burin et un tas métallique mais il existe des sortes de petites guillotines réunissant ces deux éléments. Un marteau lourd est bien sûr nécessaire pour frapper ainsi qu'une lampe à souder à gaz en cartouche et brûleur fin pour détremper le câble avant la coupe.

Les fournitures comprennent : un rouleau de ruban adhésif en

PVC résistant à l'eau de mer : du fil Tergal ou mieux Nylon spécial tels que ceux fabriqués par Marlow ou Schlosser ou du fil de lin câblé et ciré, N° 25 à 30 pour les cordages jusqu'à 10 mm de diamètre et 15 à 20 au-dessus ; du cordonnet de polyester ou de Nylon tressé et ciré N° 6 ou 9.

Enfin pour les surliures sur câble on utilisera du fil de cuivre (sauf pour le câble galva) ou inox de 3 à 5/10 de mm de diamètre.

ŒIL ÉPISSÉ SUR CABLE MÉTALLIQUE

Seuls les câbles en acier galvanisé ou inoxydable préformé 7 × 19 et, à l'extrême rigueur, le câble 7 × 7, permettent les épissures *(fig.III-1)*.

a) Après avoir repéré avec la cosse la longueur nécessaire, on amarre les deux brins du câble et on sépare les torons en deux paquets de trois, l'un passant au-dessus (torons 1-2-3), l'autre au-dessous (torons 4-5-6). On coupe l'âme (qu'elle soit en textile ou métallique) ou mieux on la fait pénétrer à l'intérieur en la passant entre deux torons et en tournant autour du câble. L'opération est facilitée en fixant le câble du côté de l'œil en le détordant à la main. Il est très utile, pour éviter les blessures et les accrochages, de faire une petite surliure à l'extrémité de chaque toron puis de le tremper dans un bain de soudure à l'étain après l'avoir enduit de décapant ;

b) On passe le toron 1 de gauche à droite sous les deux torons fixes immédiatement adjacents. On passe le toron 2 sous le plus à gauche des deux torons précédents. On passe le toron 3 sous le toron suivant ;

c) On retourne l'œil, on compte trois torons fixes en dessous de ceux utilisés en b) et on y passe successivement les torons 4, 5, et 6, toujours de gauche à droite, par-dessus puis par-dessous ;

d) La première passe étant finie, on place la cosse, on la maintient par deux ou trois amarrages et on coupe la surliure sur le câble. On tire les torons vers l'arrière, en les faisant glisser vers la cosse, en les tendant et en les tournant vers la droite.

On fait les passes successives en repartant du n° 1 que l'on passe par-dessus, puis par-dessous le toron fixe situé immédiatement au-dessus. On en fait de même pour les cinq autres.

Après 4 passes, toujours en enroulant le toron libre autour du même toron fixe, on martèle légèrement l'épissure avec un maillet en bois pour que les torons prennent leur place les uns dans les

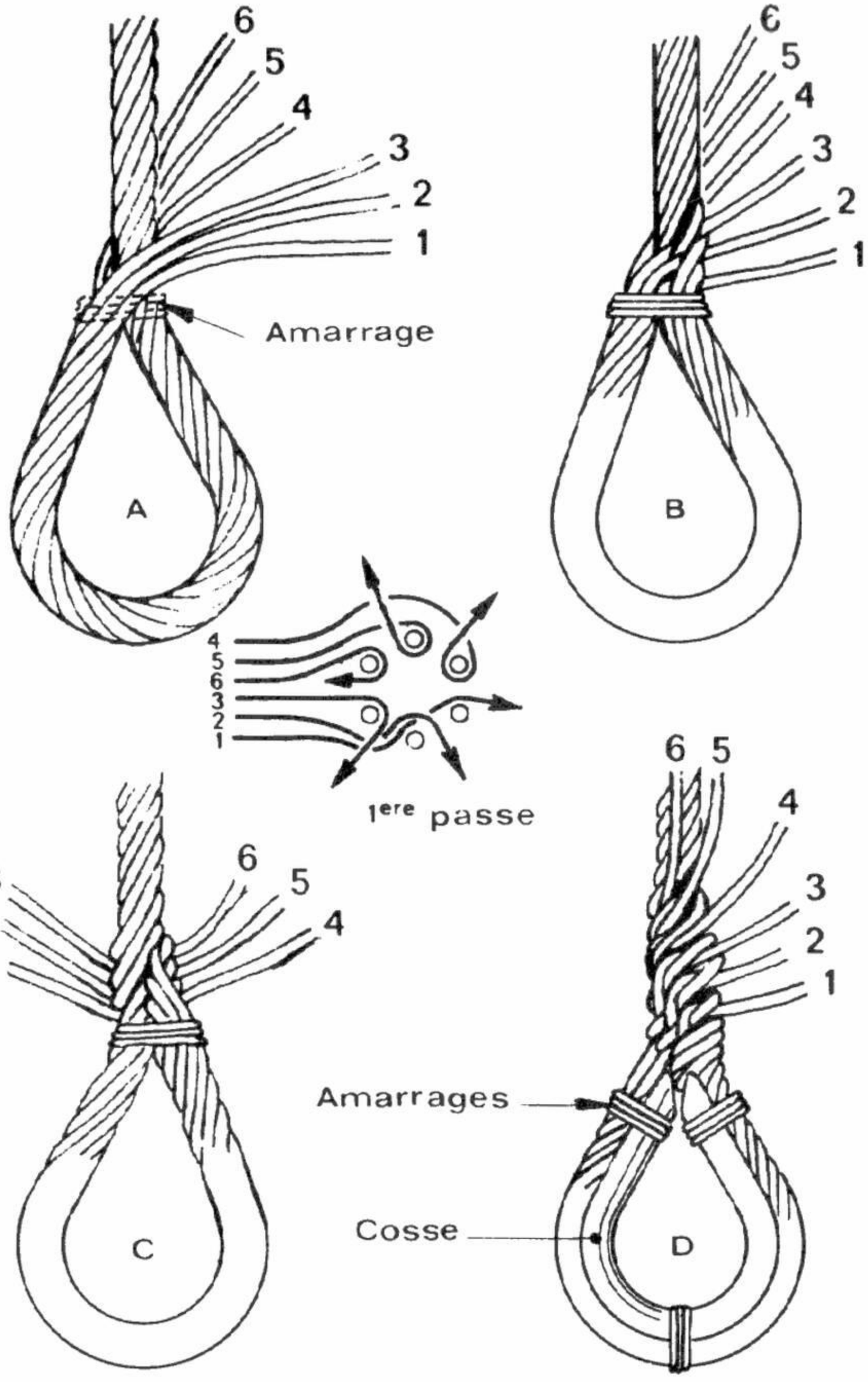


Figure III-1 — *Œil sur câble en acier.*

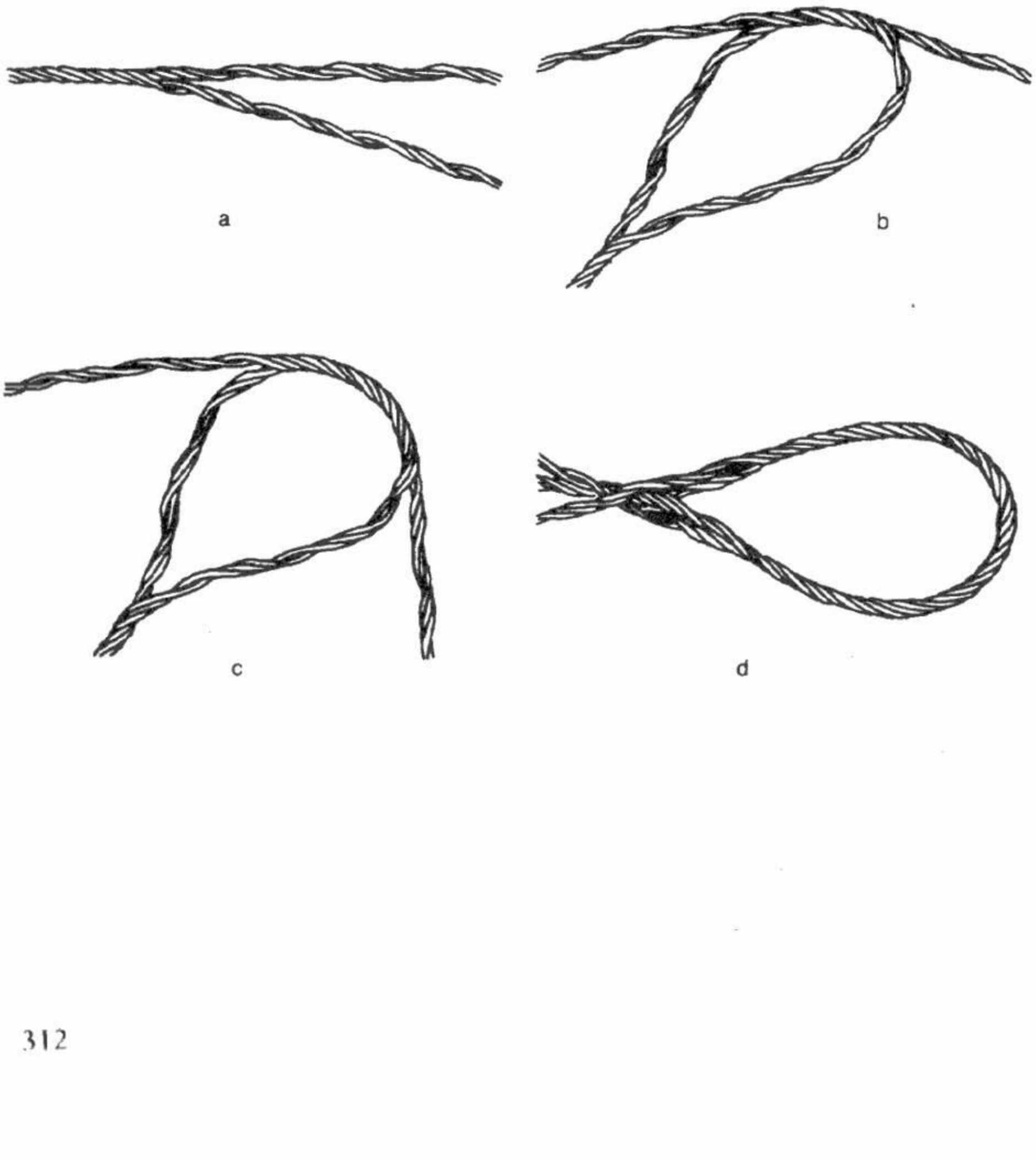
autres puis on coupe un toron sur deux et on termine avec 2 passes. Les torons sont enfin coupés à ras et noyés à l'intérieur du câble et l'ensemble de l'épissure est fourré.

Cette méthode est celle des voiliers. Elle donne un résultat plus joli que la méthode classique dans laquelle les torons se croisent en sens inverse du commettage.

L'épissure à la flamande

Le câble à sept torons préformés permet de réaliser un œil ou une boucle par un moyen extrêmement simple, ne nécessitant même pas l'usage de l'épissoir.

L'opération s'effectue selon les séquences suivantes (*fig. III-2*) :



a) On sépare le câble, sur une longueur supérieure de quelques centimètres à celle développée de l'œil, en deux parties : l'une comprend l'âme et trois torons adjacents, l'autre les trois autres torons.
b) On forme l'œil à la dimension désirée en croisant les deux parties, les trois torons de la seconde s'encastrant dans l'espace qu'ils ont laissé sur la première.
c) Chacune des deux parties est tournée jusqu'à venir au contact du câble.
d) L'âme est coupée au ras et les trois torons de chaque partie à des longueurs croissantes.
e) Chaque toron est enroulé sur le câble dans les sillons de celui-ci.

On limande alors le raccord avec du ruban adhésif plastique puis on le fourre avec une surliure en fil d'acier inoxydable.

Le fourrage doit couvrir la boucle sur au moins huit fois le diamètre du câble, ce qui veut dire que la boucle doit, au départ, être prévue beaucoup plus grande que nécessaire. Si une cosse est prévue, sa longueur doit être à peu près double de celle-ci.

SURLIURES ET ÉPISSURES SUR CORDAGES

Dans leurs applications courantes, drisses, écoutes, amarres, on peut être amené à faire trois types d'opérations sur les cordages :

— Surliures sur les extrémités des cordages ou pour fourrer une épissure ;

— Epissure de raccordement avec un câble ; pour relier un bas de drisse sur une itague ou les deux éléments d'une écoute mixte ;

— Œil, avec ou sans cosse, pour la fixation des écoutes, des amarres, etc.

Les cordages synthétiques offrent certains avantages qui facilitent ces travaux, mais leur contexture pose parfois des problèmes nouveaux.

Surliures

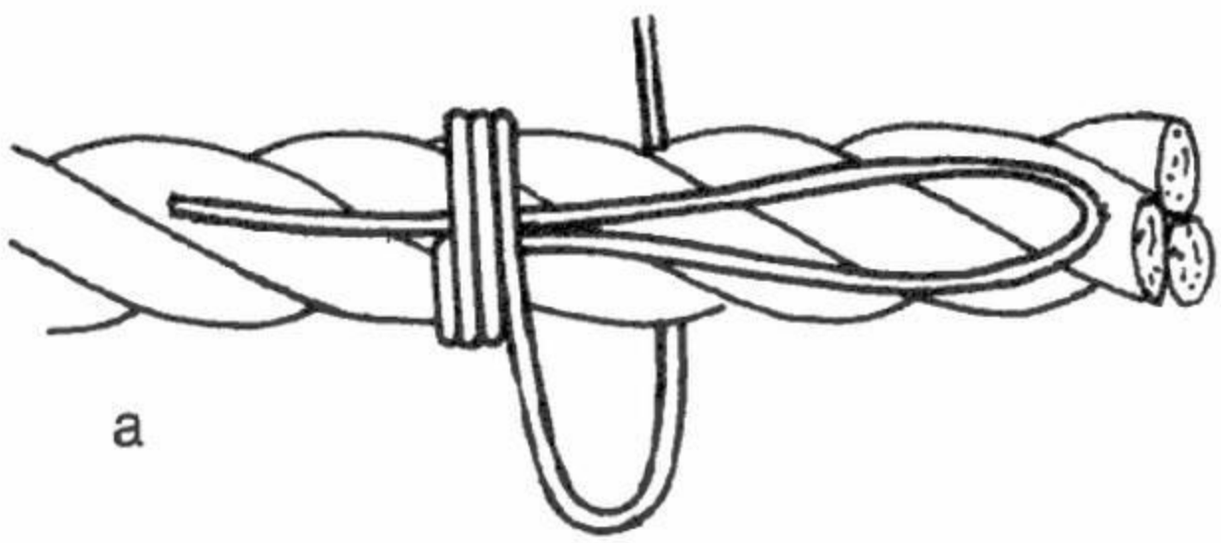
Bien que les cordages synthétiques puissent être scellés à chaud lorsqu'on les coupe, il arrive souvent que les torons ou les tresses se séparent au bout d'un certain temps et par ailleurs les surliures

restent indispensables dans bien d'autres cas ainsi que nous le verrons dans les pages suivantes.

Il existe de nombreuses méthodes pour réaliser les surliures. Je n'en donnerai ici que trois, la surliure ordinaire, la surliure longue ou fourrage et la surliure cousue.

Surliure ordinaire (fig. III-3)

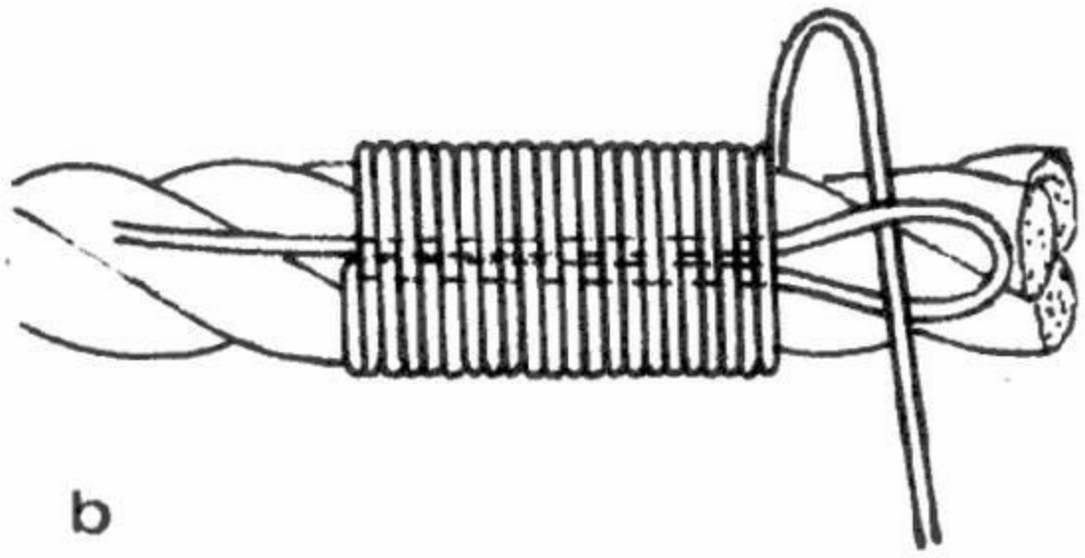
a) Sur l'extrémité du cordage présenté à gauche on place à plat une boucle de fil 1 cm plus longue que la surliure désirée. Maintenant la boucle à plat avec le pouce gauche on enroule dans le même sens que le commettage, quelques tours de fil autour du cordage en passant par-dessus les deux brins de la boucle, la bobine étant tenue de la main droite.



a

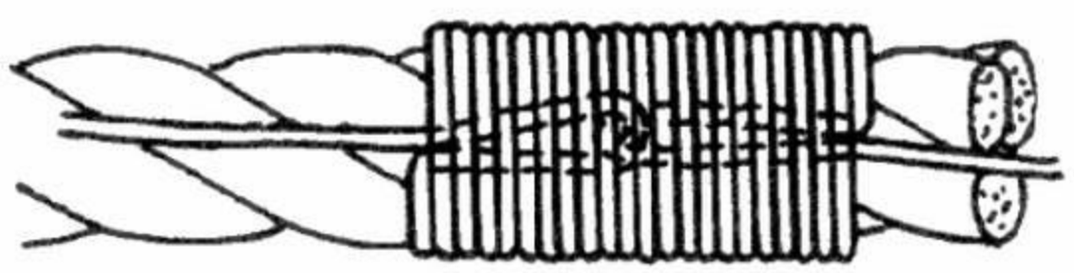
b) Les spires bien régulières et serrées fortement sont enroulées dans le même sens que le commettage, de façon à serrer les torons sur eux-mêmes.

Lorsque la surliure atteint une longueur égale à 1,5 à 2 fois le diamètre du cordage, on coupe le fil à 1 ou 2 cm et on passe l'extrémité dans la boucle.



b

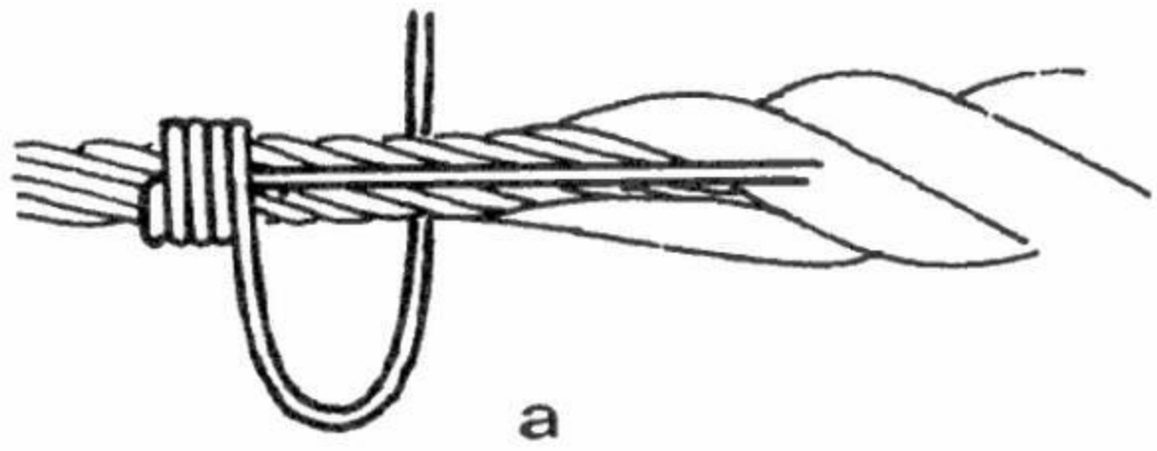
c) On tire alors sur le bout libre de la boucle et on la fait pénétrer sous la surliure jusqu'à mi-longueur de celle-ci. On coupe enfin les deux brins qui dépassent.



c

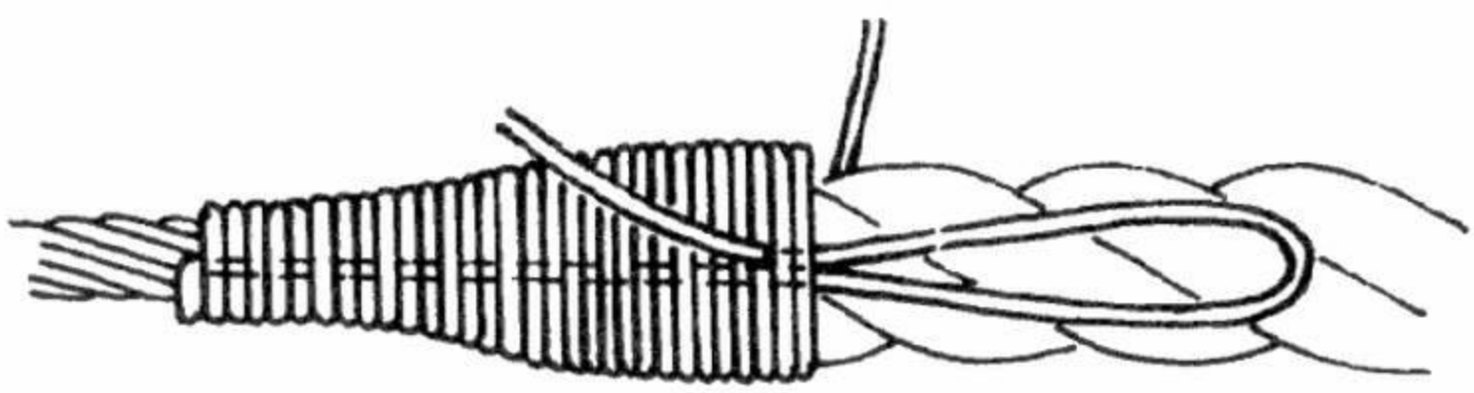
Surliure longue ou fourrage (fig. III-4)

a) Lorsqu'on veut faire une surliure très longue, pour fourrer une épissure par exemple, on ne prend au départ, sous les spires, qu'un brin simple, 3 ou 4 cm plus long que l'épissure prévue.



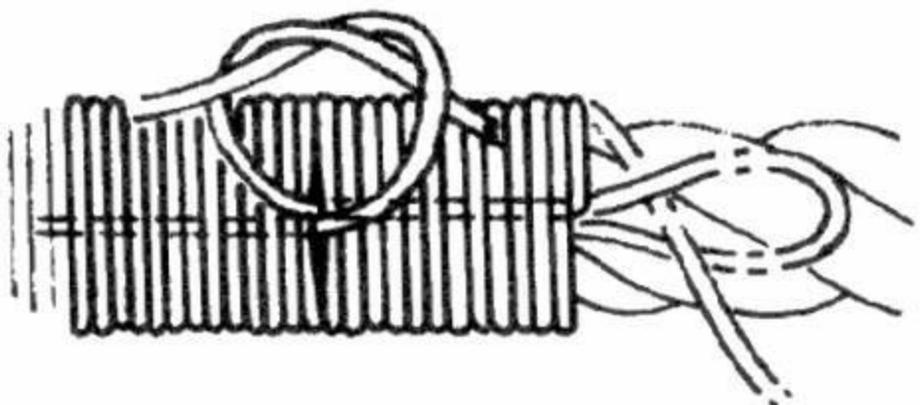
a

b) Ce n'est qu'à 2 ou 3 cm de la fin que l'on forme la boucle. Sans cette précaution, la traction à exercer sur la boucle serait trop forte et le fil se casserait.



b

c) On peut cette fois sortir complètement la boucle en tirant sur le brin libre. On fait un nœud plat avec les deux brins avant de les noyer sous la surliure.



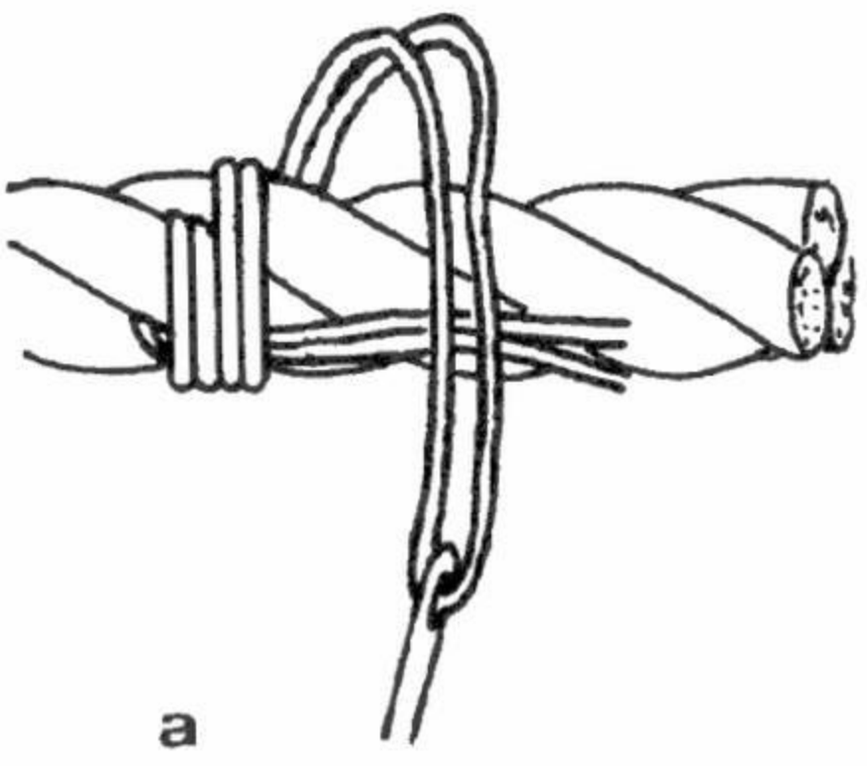
c

Enfin, lorsqu'on fait la surliure sur une épissure, il faut toujours placer la boucle du côté où débute l'épissure, sinon en tirant sur la boucle celle-ci risquerait d'accrocher les fils du câble.

Surliure cousue (fig. III-5)

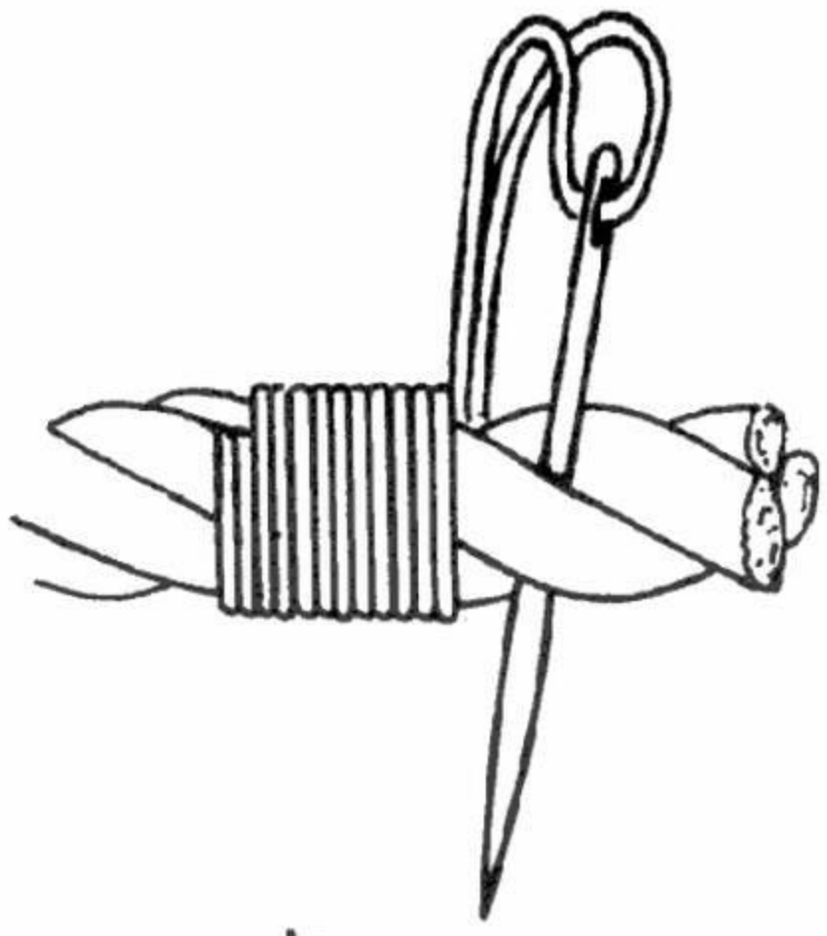
Celle-ci est surtout utilisée par les voiliers, en particulier aux extrémités des ralingues.

a) On prend une aiguillée de fil double que l'on passe sous un toron en travers de celui-ci. Puis on enroule le fil dans le sens du commettage en serrant fortement et en veillant à ce que les deux brins restent parallèles. On emprisonne sous la surliure les brins du départ.



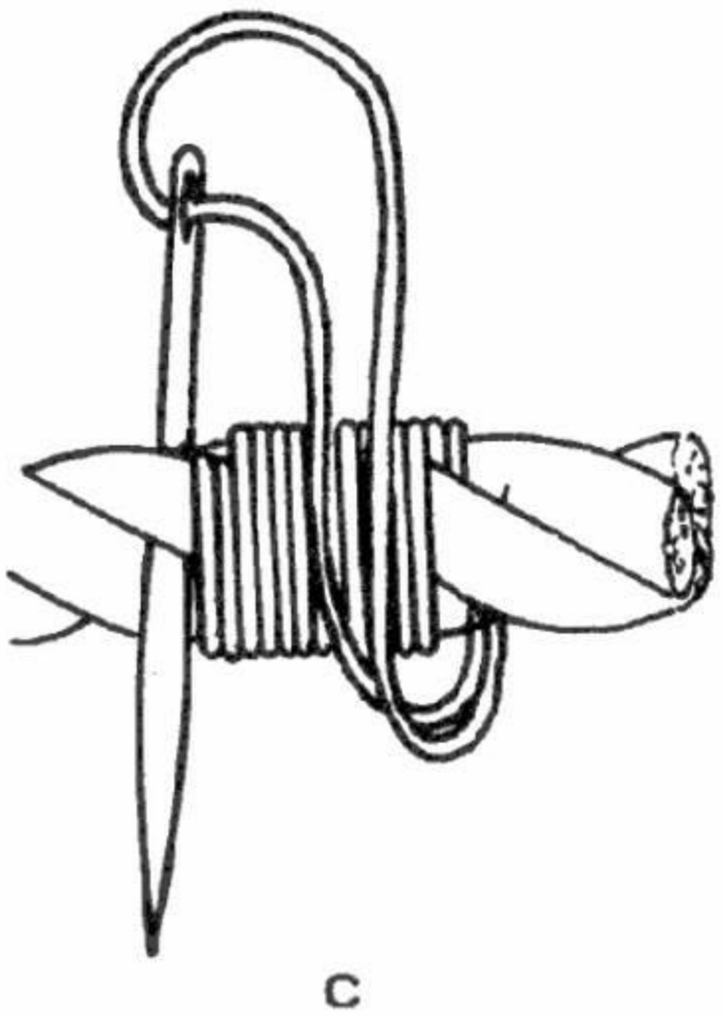
a

b) Arrivé à l'extrémité, on pique l'aiguille en la faisant ressortir entre 2 torons.

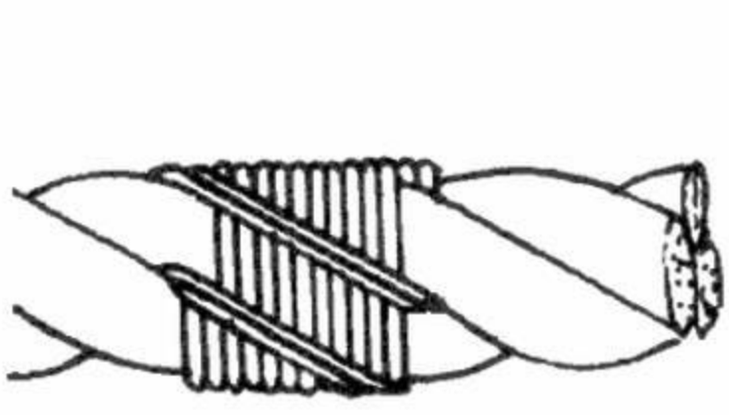


b

c) On allonge les deux brins sur la surliure en suivant le sillon formé par les torons puis on repique l'aiguille à l'autre extrémité entre les deux mêmes torons pour la ressortir dans le sillon situé en dessous. On refait la même opération ou « bridure » sur chaque sillon.



c



d

d) La surliure se termine donc du côté où elle a commencé. Après avoir passé les fils sous le dernier toron on fait une demi-clef sur la dernière bridure, on les renfile sous la surliure et on les coupe à la sortie.

Manchons thermo-rétractables

Pour ceux que rebutent « les travaux d'aiguilles », il existe une solution rapide et facile sinon économique de remplacer la surliure : les manchons thermo-rétractables. Il s'agit de tubes minces en matière plastique étirée qui reprennent leur diamètre d'origine sous l'effet de la chaleur.

On les trouve en sachets chez tous les shipchandlers pour différents diamètres de cordages.

Le manchon enfilé sur l'extrémité du cordage ou sur l'épissure est chauffé à la flamme d'un briquet. Il se resserrre autour du cordage dont il épouse la forme.

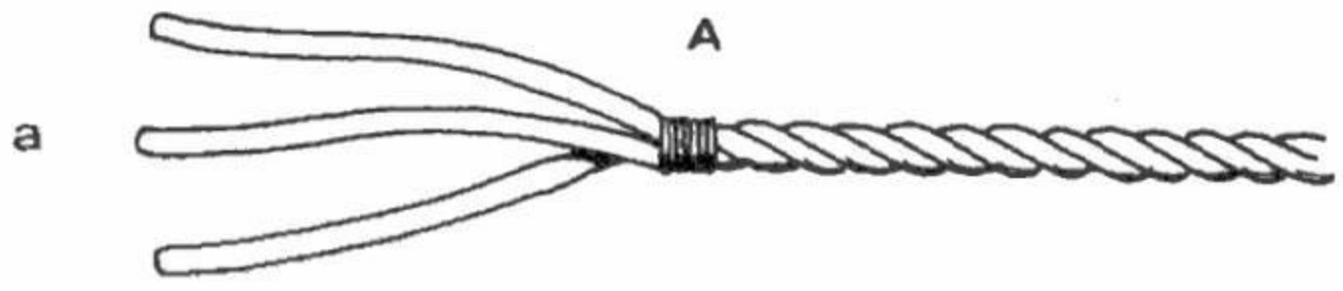
En grande longueur, cela est intéressant pour protéger les amarres aux passages dans les chaumards.

Epissures

Epissure d'un câble sur cordage toronné (fig. III-6)

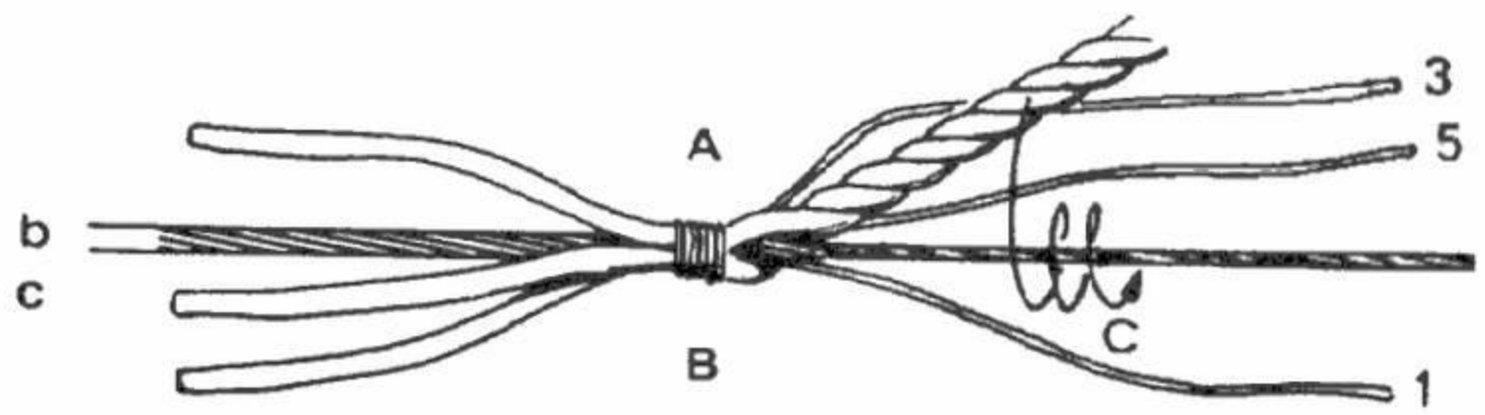
On utilisera généralement pour cela du câble à 7 torons et du cordage à 3 torons bien qu'il soit également possible d'épisser du câble sur un cordage tressé comme nous le verrons plus loin.

a) Sur le cordage on fait une surliure d'arrêt (A) à 10 ou 20 cm de l'extrémité du cordage (suivant son diamètre) et on décommet chaque toron après l'avoir scellé parfaitement au fer à souder ou à la flamme.



b) Le câble ayant été détrempé à la flamme et coupé le plus nettement possible avec une cisaille spéciale, l'extrémité de chaque toron est préparée comme pour l'œil épissé (page 288). Une surliure d'arrêt (B) est faite sur le câble à une distance de son extrémité égale à 70 fois son diamètre. On enfile alors le câble jusqu'au point (B) à travers la surliure d'arrêt du cordage (A) en la faisant ressortir sous un toron. Pour cela il est très utile de disposer d'un tube métallique enfilé sur le câble et qui sert d'aiguille. On décommet ensuite 1 sur 2 des torons extérieurs (1 - 3 - 5) jusqu'à la surliure et on les répartit entre les 3 torons du cordage.

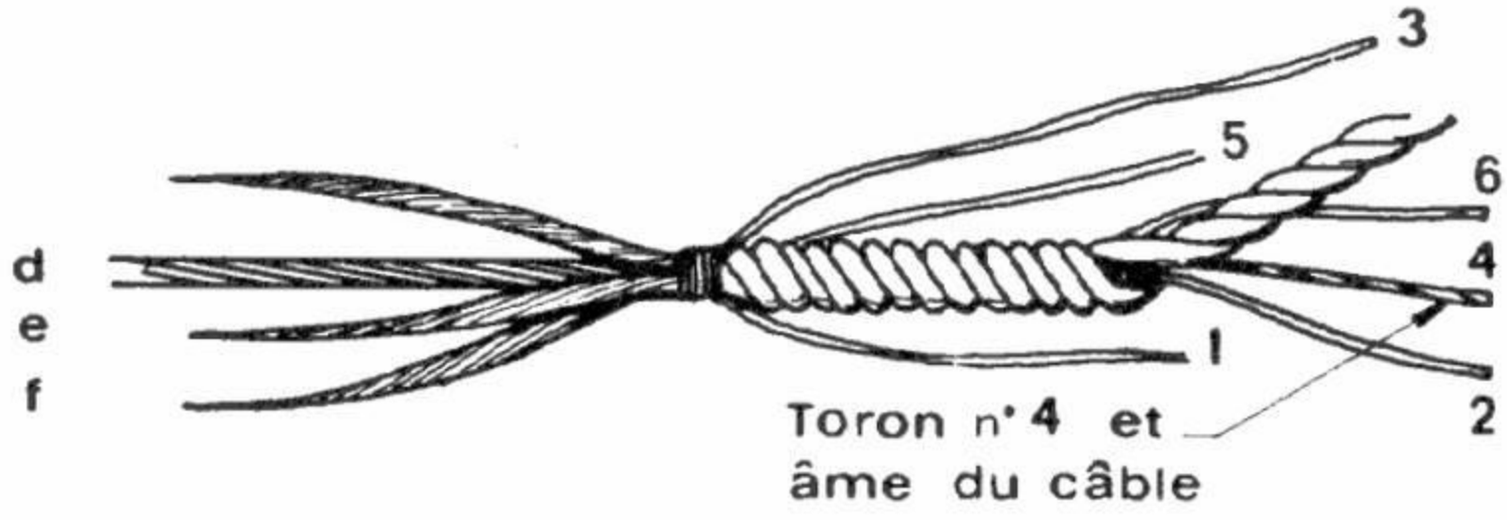
c) On fait sur les torons restants du câble une autre surliure d'arrêt (C) à mi-distance.



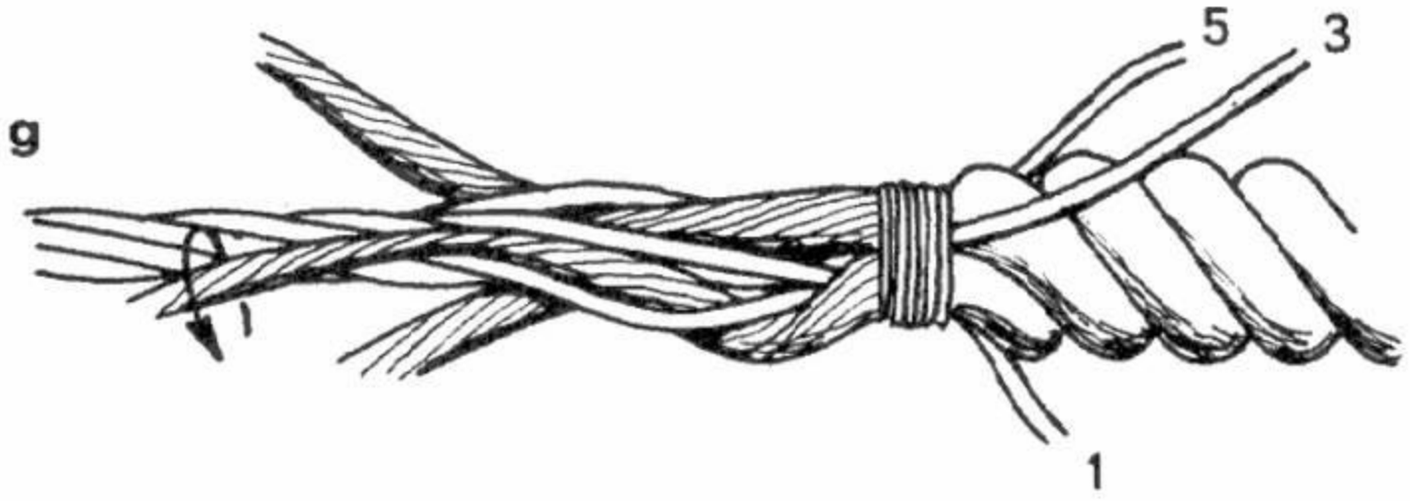
d) Par un mouvement de rotation du cordage autour du câble on fait pénétrer la partie du câble non décommis dans le cordage dont il devient l'âme et ceci jusqu'à la surliure (C).

e) On décommet alors 3 des torons restants (2, 4 et 6) en laissant le n° 4 enroulé sur l'âme du câble. S'il s'agit de câble galvanisé on coupe simplement l'âme en chanvre.

f) Les 3 torons du cordage sont alors effilés en queue de rat au couteau ou mieux au fer. On les cire copieusement pour maintenir les fils collés tout en retordant chaque toron.



g) On passe chacun de ces torons de gauche à droite sous un toron correspondant du câble. On l'enroule autour de ce toron dans le sens du commettage comme pour une épissure de voilier. Une surliure d'arrêt assure l'extrémité.

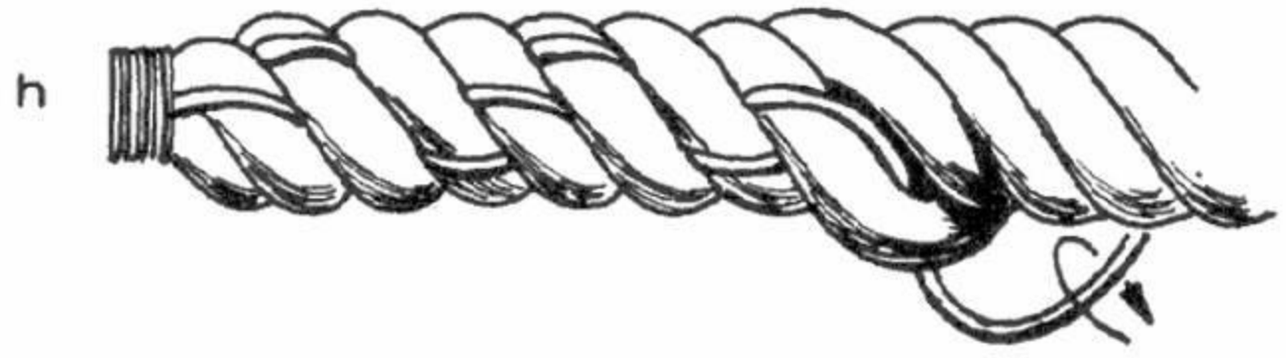


h) Revenant au câble on passe les torons 1- 3 et 5 de celui-ci dans ceux du cordage. On utilisera la forme des torons du câble et du cordage pour qu'ils se marient entre eux naturellement sans faire de bosse, et non pas en les passant successivement par-dessus et par-dessous comme dans une épissure normale.

Cette dernière méthode est certainement plus solide mais elle a pour effet de grossir l'épissure ce qui est mauvais lorsqu'elle doit passer sur une poulie.

Pour faciliter ce travail on utilisera encore un petit tube métallique enfilé sur le câble. Les vieilles recharges de stylos à bille en laiton sont parfaites pour cet usage.

Ces torons sont menés jusqu'à 1 ou 2 cm du point C où ils sont coupés et noyés dans le cordage.



i) Les torons 2 - 4 et 6 sont menés de la même façon jusqu'à leur extrémité, mais l'âme du câble peut être coupée quelques centimètres avant.

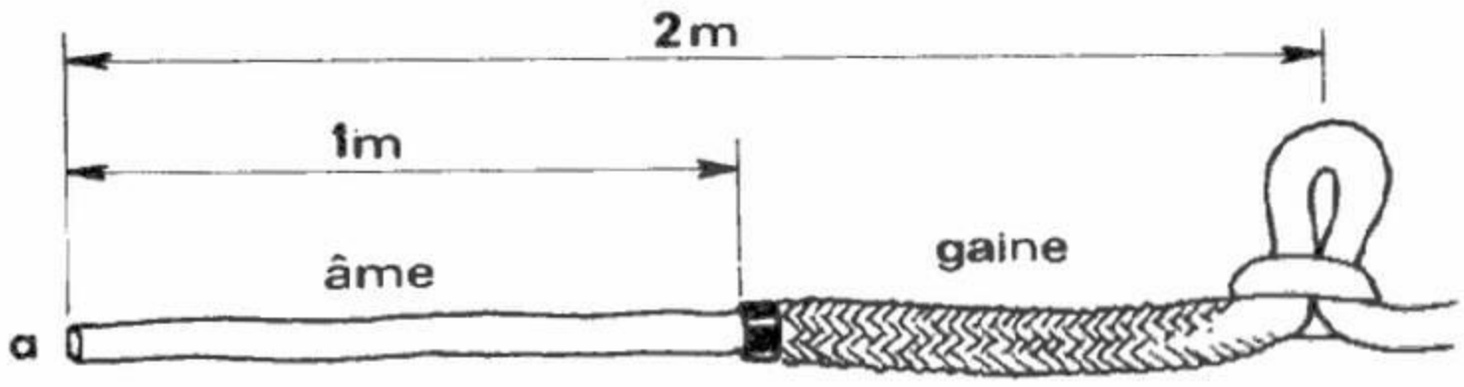
j) Il est bon alors de tendre fortement l'épissure, avec un palan si besoin est, pour que tous les torons prennent leur place les uns dans les autres. On pourra également la frapper avec un maillet en bois.

k) Il ne reste plus qu'à faire des surliures partielles aux endroits où les torons du câble s'arrêtent ainsi que sur la queue de rat du cordage. Les premières seront faites en remontant vers le câble, la dernière en remontant vers le cordage.

- *Epissure d'un câble sur un cordage tressé*

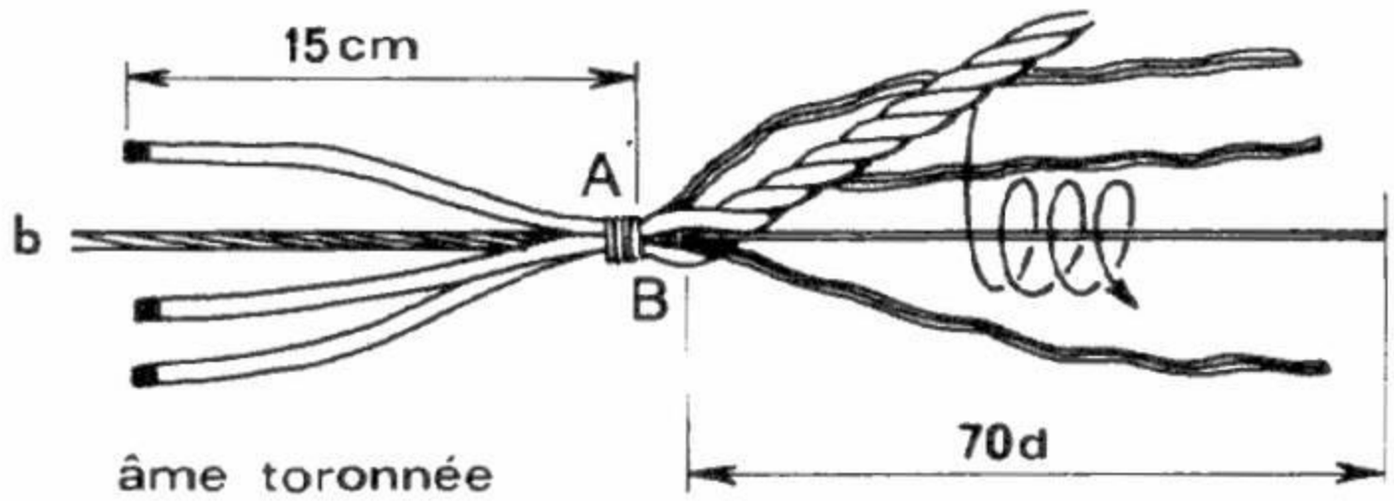
Le cordage pouvant comporter une âme tressée ou toronnée, l'épissure sur l'âme se fera de façons différentes (*fig. III-7*).

a) Après avoir fait un nœud à 2 mètres environ de l'extrémité du cordage on sépare la gaine de l'âme, on protège leur extrémité avec un morceau de ruban adhésif, puis on fait glisser la première sur la seconde pour la reculer de un mètre environ et l'on coupe une quinzaine de centimètres à l'extrémité de l'âme.



b) L'opération va maintenant différer selon que l'âme est toronnée ou tressée.

Dans le premier cas on procédera comme pour l'épissure précédente. On fera sur l'âme du cordage une surliure d'arrêt A à une quinzaine de centimètres de l'extrémité et une autre sur le câble B à une distance égale à 70 fois le diamètre. On enfile le câble à travers la surliure d'arrêt A jusqu'au point B en le faisant ressortir sous un toron. On décommet ensuite les torons extérieurs 2 par 2 (1 + 2, 3 + 4, 5 + 6) jusqu'à la surliure B et on les répartit entre les 3 torons de l'âme.



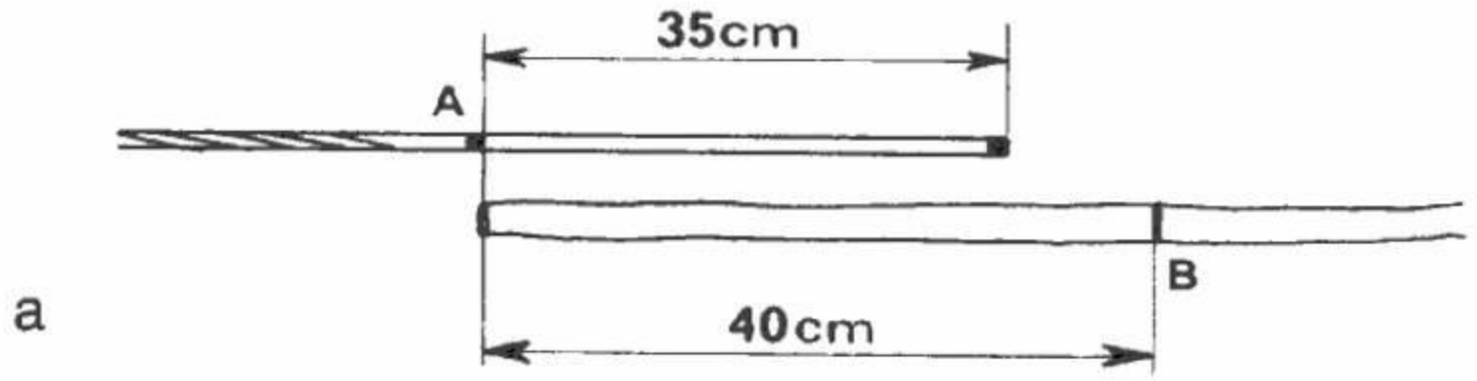
On fait pénétrer l'âme du câble dans le cordage par un mouvement de rotation du second autour du premier.

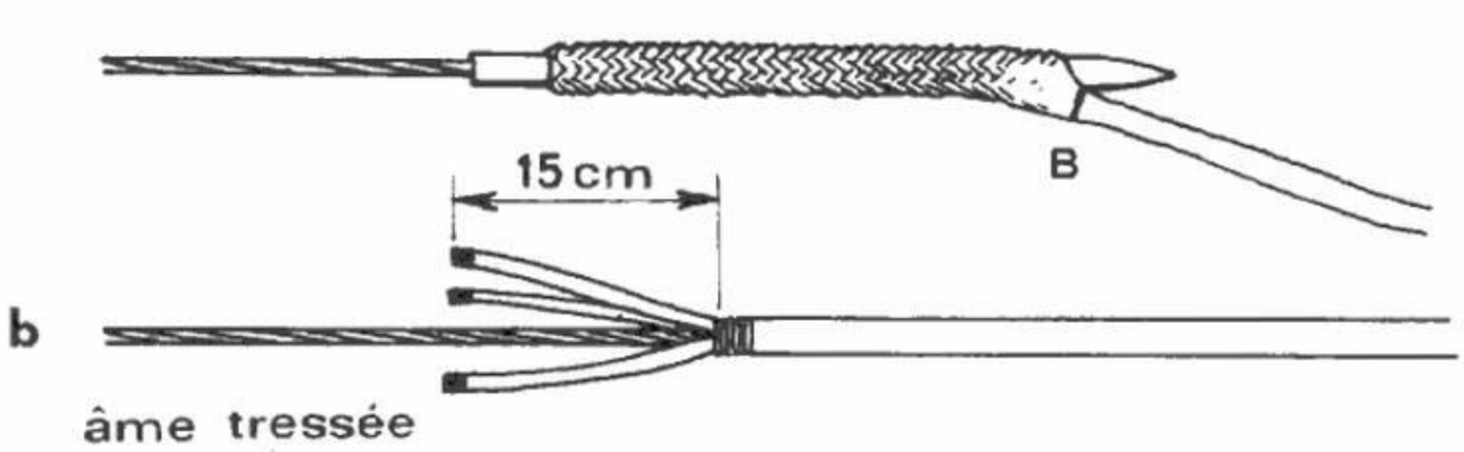
On termine l'épissure de l'âme du cordage sur le câble comme dans l'épissure précédente sauf que l'on procède en une seule fois puisque les torons métalliques sont utilisés par paires et on ne fait pas de surliure. On veille à ce que leurs extrémités soient

parfaitement noyées dans le cordage et on les protège au besoin par un ruban adhésif.

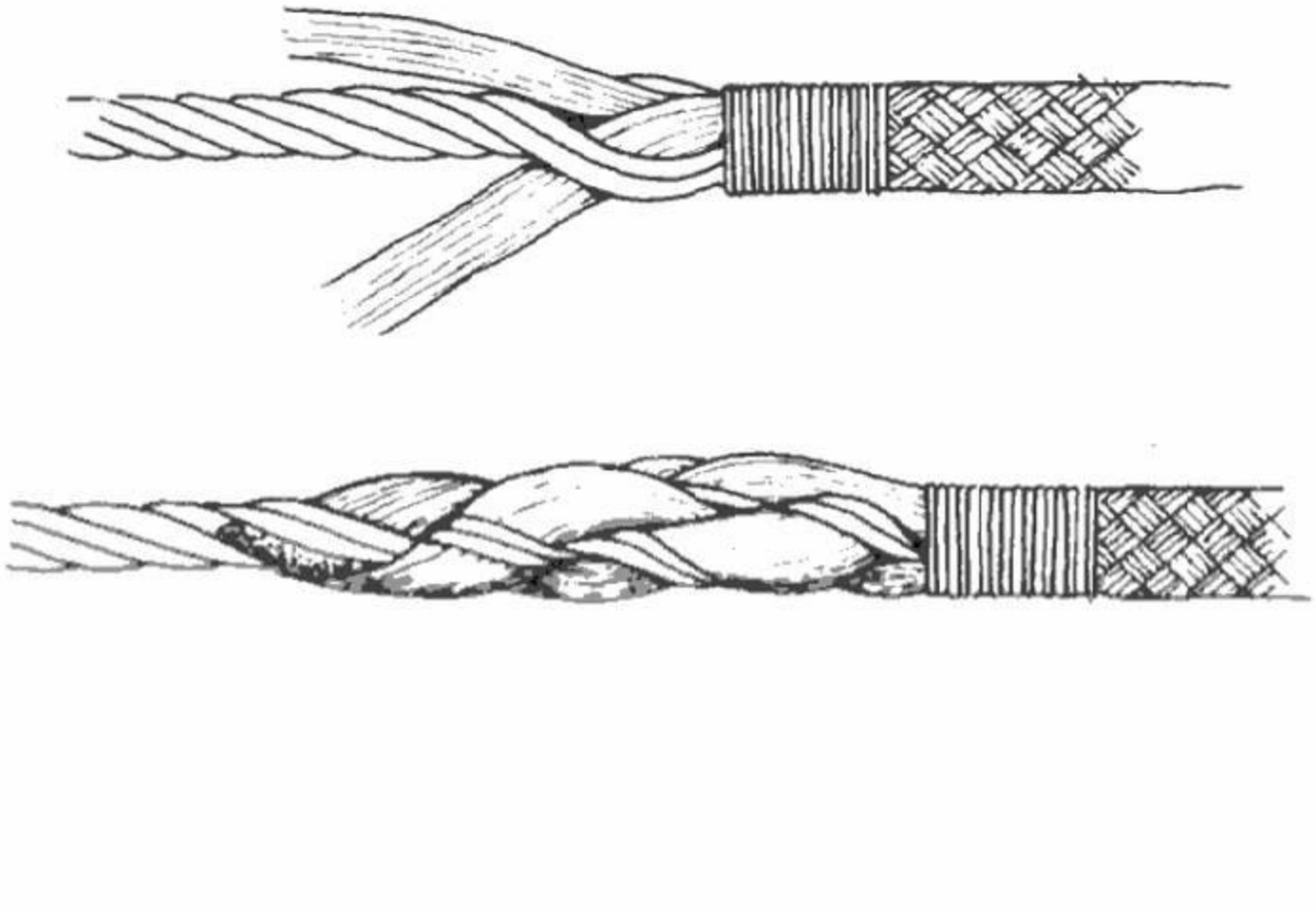
Dans le second cas, avec une âme tressée, il faut disposer d'une aiguille creuse comme celle que nous décrivons plus loin pour la fabrication de l'œil épissé.

On fait sur le câble un repère A avec une bande de ruban adhésif à 35 cm environ de l'extrémité et sur l'âme du cordage raccourcie d'une quinzaine de centimètres (après avoir éventuellement été effilée en coupant un toron sur deux à 5 cm et les autres à 10 cm de l'extrémité) un autre repère B à 40 cm. Après avoir enfilé le câble, dont l'extrémité a été soigneusement surliée, dans l'aiguille creuse, on pousse celle-ci dans l'âme pour la faire ressortir au point B. On extrait l'aiguille en laissant la marque A du câble apparaître à l'extrémité de l'âme. Le câble doit être entièrement noyé dans l'âme lorsque celle-ci est tendue.





On refait une surliure sur l'âme à 15 cm environ de l'extrémité et on détresse les brins que l'on réunit en trois nappes assurées par du ruban adhésif.



On épisse alors ces 3 nappes sur le câble en les passant sous chaque paire de torons du câble. Chaque nappe doit être placée bien à plat, les brins parallèles. On fait au moins 5 passes avant d'effiler les extrémités en queue de rat et de les enrouler autour des doubles brins du câble.

c) On ramène alors la gaine vers l'avant en la poussant progressivement par l'arrière. Elle doit dépasser l'extrémité de l'épissure sur l'âme de 15 cm environ.

d) En ce point on enroule sur la gaine un morceau de ruban adhésif et l'on détresse la partie libre que l'on répartit en 3 nappes comme pour l'âme tressée.

e) On épisse ces 3 nappes sur le câble toujours comme pour l'âme tressée et l'on protège par une surliure longue en cordonnet de Nylon ciré ou en fil métallique.

Pour effiler facilement ces nappes il suffit d'en raccourcir progressivement les différents brins qui les composent.

Avec un cordage comportant une double tresse sur âme en long, il sera nécessaire d'apporter quelques variations, c'est en effet la liaison entre le câble et l'âme qui est la plus importante et l'on devra effectuer trois épissures successives décalées.

Le nœud d'arrêt sur le cordage n'est plus fait à 2 m mais à 2,50 m de l'extrémité et la gaine extérieure est reculée de 1,50 m. La tresse et l'âme dégagées sont recoupées de 15 cm environ.

On fait un second nœud avec la tresse intérieure et l'âme juste au ras de l'extrémité de la tresse extérieure reculée, on recule la tresse intérieure de 1 m environ et on recoupe 15 cm sur l'âme.

On procède alors à l'épissure du câble et de l'âme exactement comme dans le cas de la tresse à âme toronnée. Une surliure très serrée en fil fin à l'extrémité des torons du câble empêchera ceux-ci de ressortir ce qui rendrait impossible la remise en place de la tresse intérieure.

L'épissure sur l'âme terminée on ramène en effet la tresse intérieure à sa place et on l'épisse sur le câble (en arrière de l'épissure de l'âme) exactément comme avec la double tresse.

On ramène enfin la gaine extérieure qui vient recouvrir les deux épissures précédentes et on l'épisse à son tour sur le câble comme précédemment.

Lorsqu'une épissure est utilisée pour une drisse tournée sur un winch on s'arrangera pour que les épissures proprement dites ne soient pas enroulées sur le winch en prévoyant une longueur de câble supérieure à celle indiquée pour correspondre au nombre de tours enroulés sur la poupée. On est sûr ainsi de ne pas abîmer l'épissure et cependant de ne pas craindre un allongement de la drisse sous tension.

Œil sur cordage toronné

Il existe plusieurs méthodes pour réaliser un œil épissé. Nous en donnerons deux qui diffèrent par la façon de débuter l'épissure et la façon de faire les passes.

L'*épissure de voilier* (*fig. III-8*) se fait dans le sens du commettage.

a) Les 3 torons arrêtés par une surliure étant décommis sur une longueur égale à 10 fois environ le diamètre, sont placés à plat sur le cordage en se présentant suivant l'ordre 1 et 2 au-dessus et 3 au-dessous. Le toron 2 est passé de gauche à droite sous 2 torons du cordage en laissant la longueur de boucle nécessaire, puis le 1 pénétrant par le même point ressort sous le toron situé à gauche du n° 2.

b) L'œil étant retourné, le n° 3 passant sous le toron fixe qui n'a pas encore été utilisé, ressort par le point par lequel les 2 premiers pénétraient. En tirant bien, les 3 torons libres se retrouvent sortant au même niveau entre les 3 torons fixes du cordage. S'il y a une cosse, on enlève la surliure et on la met en place avant de tirer sur les torons. Ceux-ci étant en place, la cosse doit être bien serrée.

c) Chaque toron à tour de rôle est ensuite passé, toujours de gauche à droite, autour du toron sous lequel il a été engagé au début. Il faut retordre le toron libre au fur et à mesure des passes et le placer de façon qu'il se marie le mieux possible avec la forme du toron fixe.

d) Après 3 passes, chaque toron est effilé en queue de rat puis coupé à ras avec le fer chaud après 7 ou 8 passes. Attention de ne pas brûler le cordage lui-même en coupant les torons libres.

e) Une surliure sur l'extrémité empêchera les bouts des torons de s'échapper.

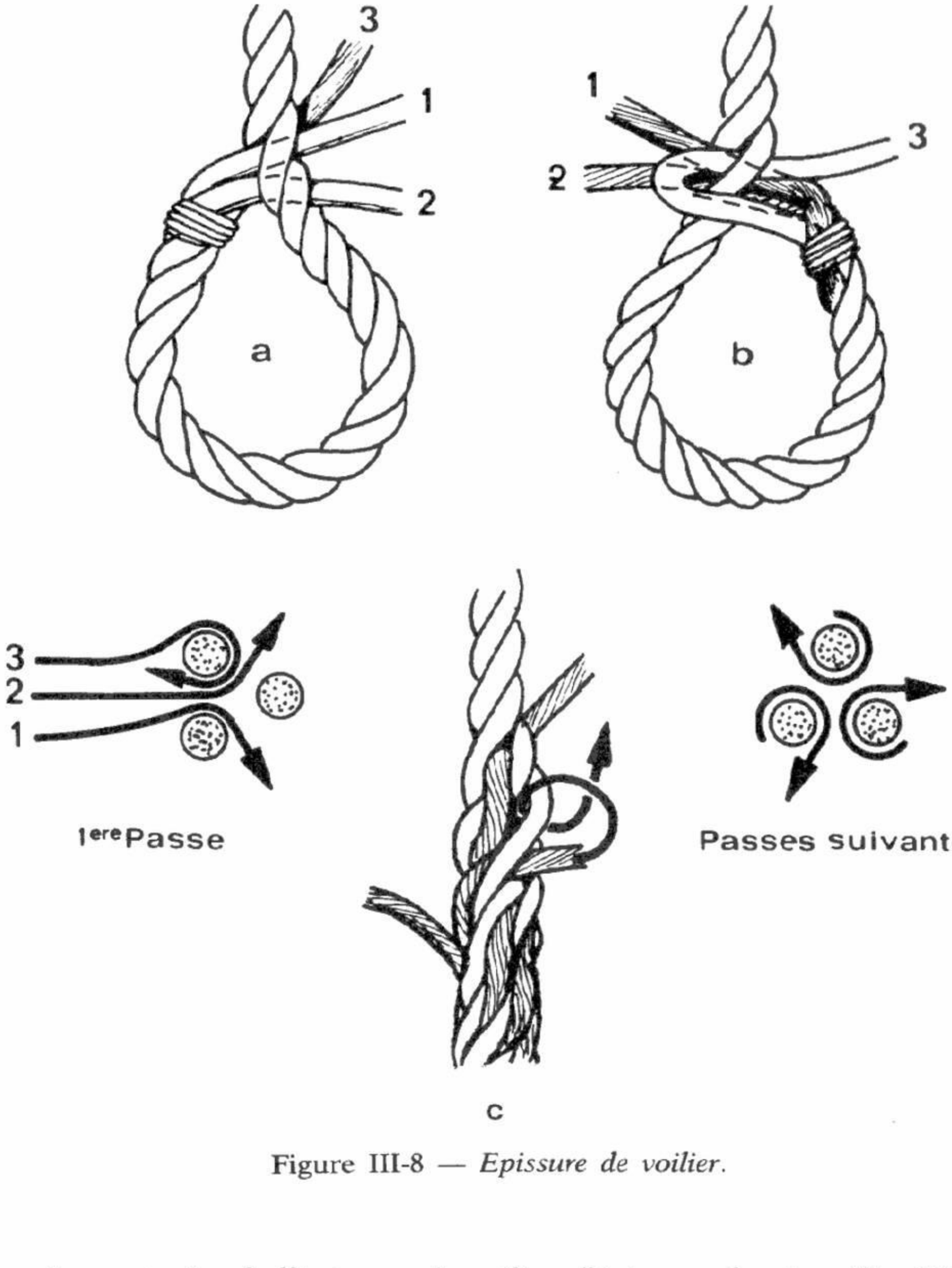


Figure III-8 — *Epissure de voilier.*

Au contraire de l'épissure de voilier, *l'épissure classique (fig. III-9)* se fait en sens contraire du commettage.

a) La présentation se fait donc en sens inverse et on passe de droite à gauche le toron 2 sous deux torons du cordage. Toujours de droite à gauche, en pénétrant entre les 2 mêmes torons que pour le n° 2 mais en sortant sous le toron situé au-dessus, on passe le toron n° 1. On retourne l'épissure et on passe le toron n° 3 en sens inverse

du toron 2. Il ressort par conséquent entre les 2 torons fixes où sont engagés les n[os] 2 et 1 au-dessus d'eux.

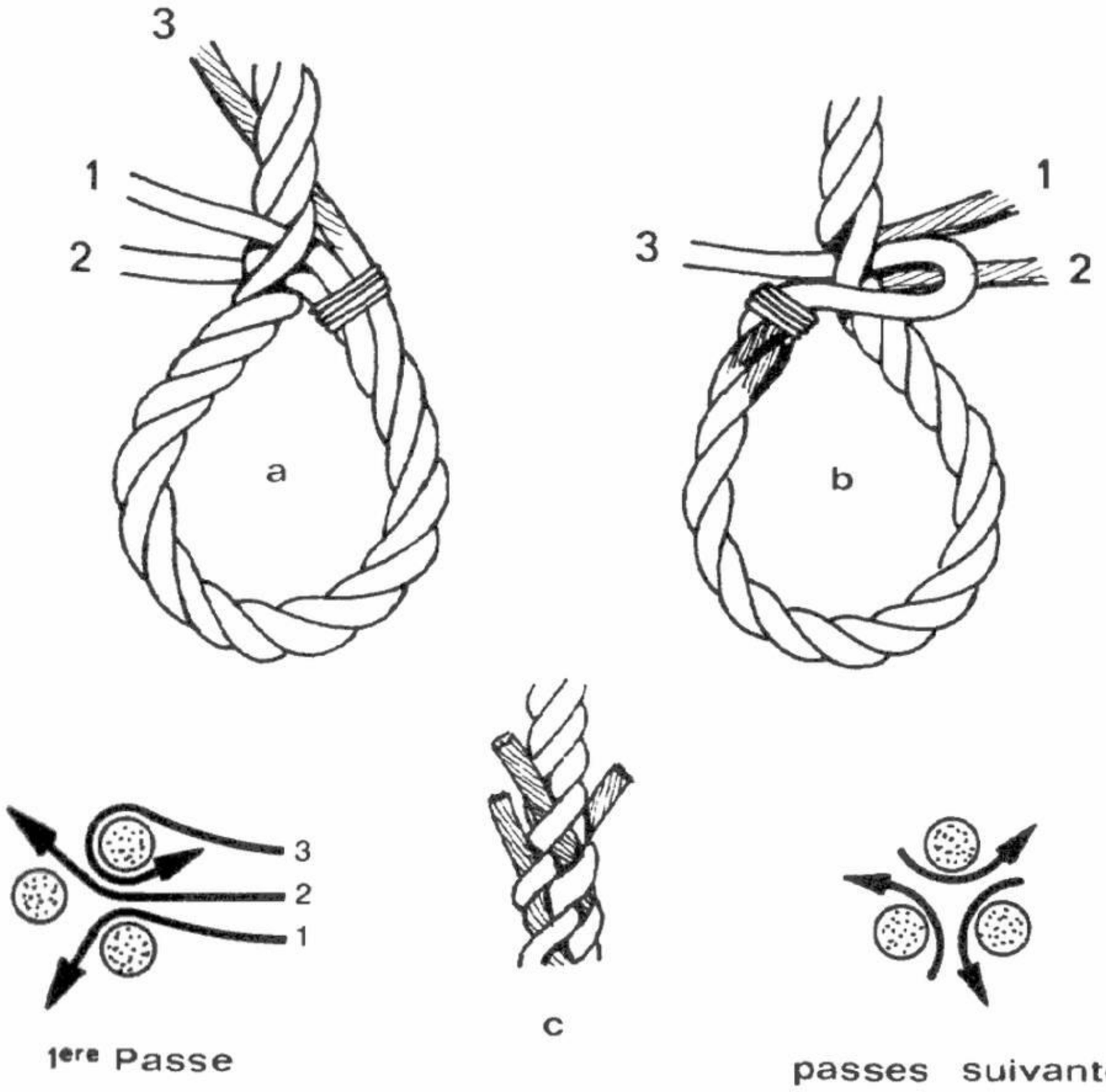


Figure III-9 — *Epissure classique.*

b) Chaque toron à tour de rôle est ensuite passé, de droite à gauche, par-dessus le premier toron, puis par-dessous le deuxième toron situés immédiatement au-dessus de lui.

c) Après 5 ou 6 passes les torons sont coupés à ras au fer chaud et une surliure les empêche de se dégager.

Cette deuxième méthode est plus facile et plus rapide à exécuter correctement. Elle est cependant moins jolie d'aspect.

Œil sur cordages tressés

Les cordages tressés sont relativement modernes et il semble que bien peu de gens savent ou veulent se donner la peine de les travailler. Trop souvent un nœud disgracieux tient lieu d'amarrage.

Gibb fabrique un embout, analogue dans son principe au Norseman, qu'il équipe en particulier d'un mousqueton. Cependant l'épissure est le moyen le plus courant pour obtenir un œil sur cordage tressé.

Les méthodes diffèrent suivant la composition de l'âme et de la gaine et nous étudierons 3 cas : tresse simple sans âme, tresse sur âme toronnée, double tresse et sa variante : double tresse sur âme en long.

Pour réaliser toutes ces épissures, il est nécessaire de disposer d'une aiguille creuse constituée d'un tube en métal ou en matière plastique formé en pointe à une extrémité et coupé en sifflet à l'autre. Il en faut au moins deux de diamètres différents, l'une pour les cordages jusqu'à 10 mm aura un diamètre intérieur de 8 mm, l'autre avec un diamètre de 12 mm conviendra pour les cordages allant jusqu'à 16 mm.

Pour introduire le cordage dans l'aiguille il faut une tige de métal emmanchée dans une poignée ou un tournevis fin et assez long.

Une astuce consiste à rendre la pointe de l'aiguille amovible ce qui facilite grandement l'enfilage du cordage. On peut d'ailleurs réaliser sans difficultés de telles aiguilles soi-même en utilisant du tube d'alliage léger dans lequel s'emmanche un embout en bois dur taillé en forme d'ogive et poli *(fig. III-10)*.

Figure III-10 — *Aiguille creuse à embout démontable.*

On utilisera également un crochet smyrne que l'on peut se procurer dans les grandes merceries ou une aiguille longue que l'on confectionnera soi-même selon le dessin de la *figure III-11* à partir d'un fil d'acier inoxydable de 2 mm. Le chas doit avoir environ 2 mm de large sur 4 de long et l'extrémité repliée qui le constitue doit être parfaitement jointive pour éviter tout accrochage au retour. L'idéal serait bien sûr de forger le chas, mais ce n'est guère facile avec de l'acier inoxydable. Après avoir été formé, le chas sera

aplati à la lime comme une sorte de lame de tournevis arrondie pour pouvoir s'insérer facilement entre les fuseaux des tresses. On peut trouver des aiguilles toutes faites sous la marque Marlow.

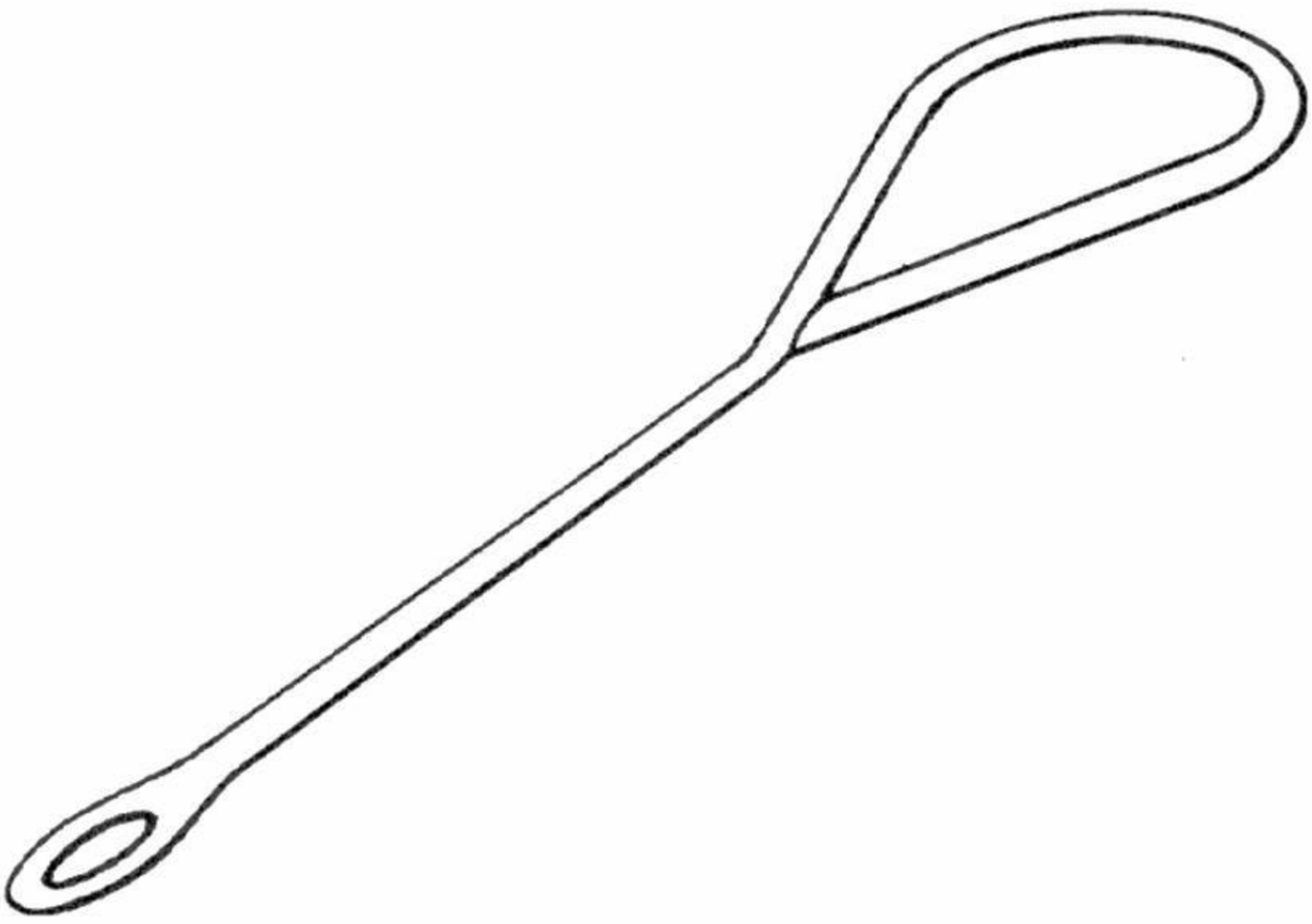


Figure III-11 — *Aiguille longue.*

Tresse simple sans âme

La tresse simple sans âme est le cas le plus simple car on peut ne pas faire d'épissure à proprement parler (*fig. III-12*).

a) On traverse la tresse de part en part, suivant une direction très oblique, avec l'aiguille, une première fois de droite à gauche, puis une seconde fois de gauche à droite.

b) On fait ensuite pénétrer l'aiguille dans la tresse. Cela est facilité en comprimant la tresse en longueur ce qui augmente son diamètre.

c) Pour finir on fait ressortir l'aiguille seule, en laisant l'extrémité du cordage à l'intérieur de la tresse.

La longueur de tresse constituant l'épissure est égale à 20 fois le diamètre. On peut augmenter le nombre de passes si on le désire, une traversée supplémentaire demande une longueur égale à 6 diamètres environ.

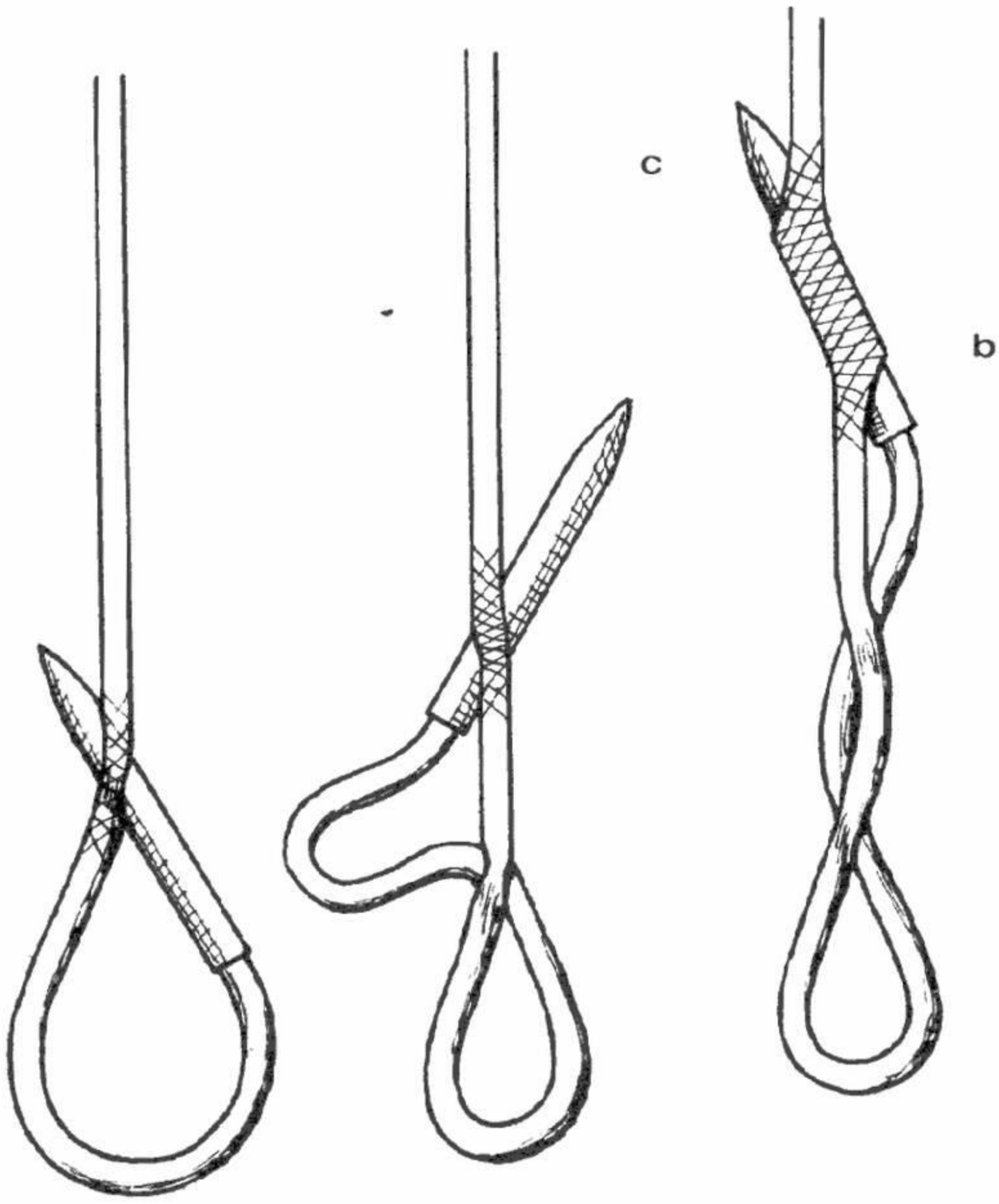


Figure III-12.

Mais avec une *tresse simple à 4 paires de brins* (composition courante) on peut également faire une véritable épissure (*fig. III-13*).

a) A une distance de l'extrémité égale à environ 10 fois le diamètre, on fait une surliure d'arrêt et on défait la tresse. On fait une deuxième surliure à une distance de la première égale à la longueur de l'œil. On se trouve alors avec 2 paires de brins, qui, sur la tresse, étaient enroulés vers la gauche (en S) et 2 paires de brins enroulés à droite (en Z). On sépare les brins en 2 paquets comprenant chacun une paire de brins S et une paire de brins Z.

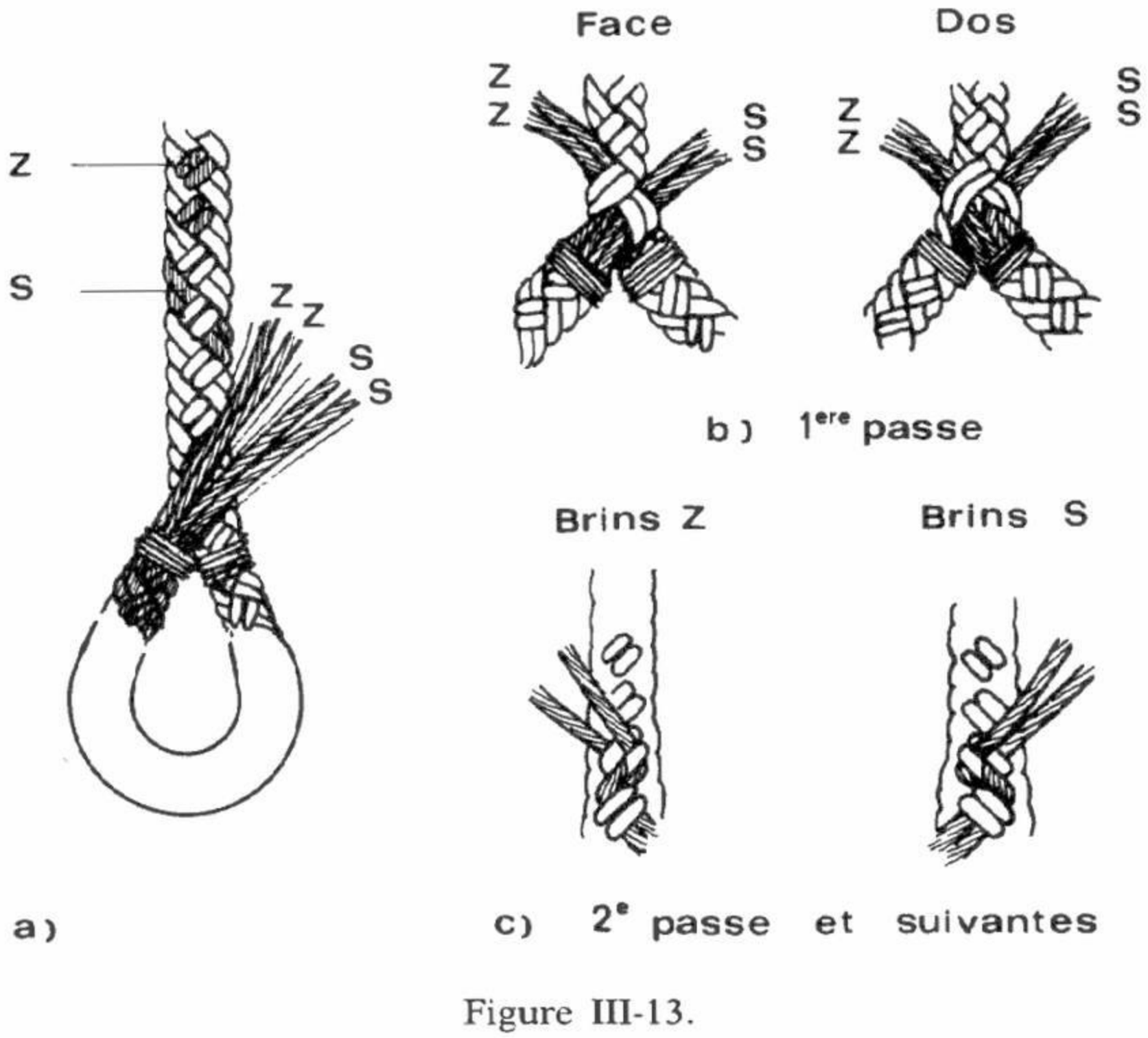


Figure III-13.

b) Le cordage est placé entre les 2 paquets. Sur un côté, en pénétrant par le même point juste au-dessus de la deuxième surliure, on passe respectivement la paire de brins S et Z sous les paires correspondantes du cordage.

On retourne l'épissure et on en fait autant en un point diamétralement opposé à l'autre côté. A ce moment, la paire S d'un côté se trouve sortir au même point que la paire Z de l'autre côté et inversement.

c) Le travail consiste alors à tresser respectivement les brins S et Z de l'épissure avec ceux du cordage.

Pour cela on passe le premier brin de la paire sous le premier brin de la paire correspondante du cordage, située immédiatement au-dessus, puis le deuxième brin de l'épissure sous le deuxième brin du cordage.

On fait ainsi 4 ou 5 passes.

d) On réunit enfin les deux brins de chaque paire, on les passe sous une paire de brins du cordage et on les coupe à chaud ensemble, ou on les noie sous la tresse.

Une surliure assure qu'ils ne puissent s'échapper.

Tresse sur âme toronnée

Il existe deux méthodes plus ou moins élaborées qui peuvent être utilisées.

a) Dans la première (*fig. III-14*), à une distance de l'extrémité égale à la longueur de l'œil plus 10 fois le diamètre du cordage on fait une surliure d'arrêt, et on décommet la tresse et l'âme que l'on partage en deux paquets égaux

b) Les deux paquets sont alors croisés de façon à former l'œil puis enroulés de chaque côté, l'un autour de l'autre tout en les retordant en sens contraire, jusqu'à revenir à la surliure d'arrêt.

c) On fourre l'œil avec une surliure longue et on y insère la cosse s'il en est prévu une.

On étale régulièrement sur les deux demi-circonférences du cordage les deux brins et on les maintient par une surliure d'arrêt. Suivant la grosseur du cordage on sépare chaque paquet en 2 — 4 ou 8 brins comportant un même nombre de fils.

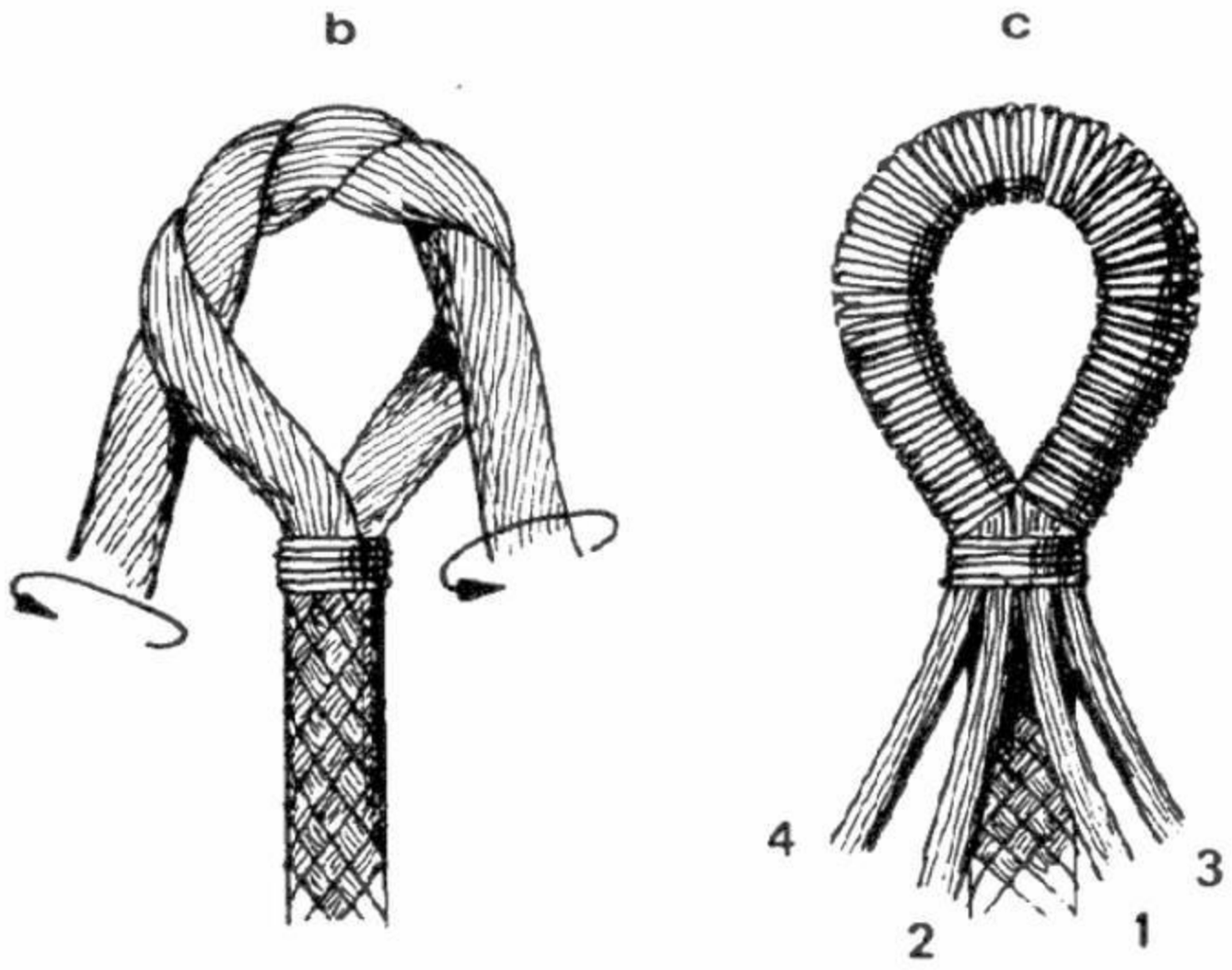
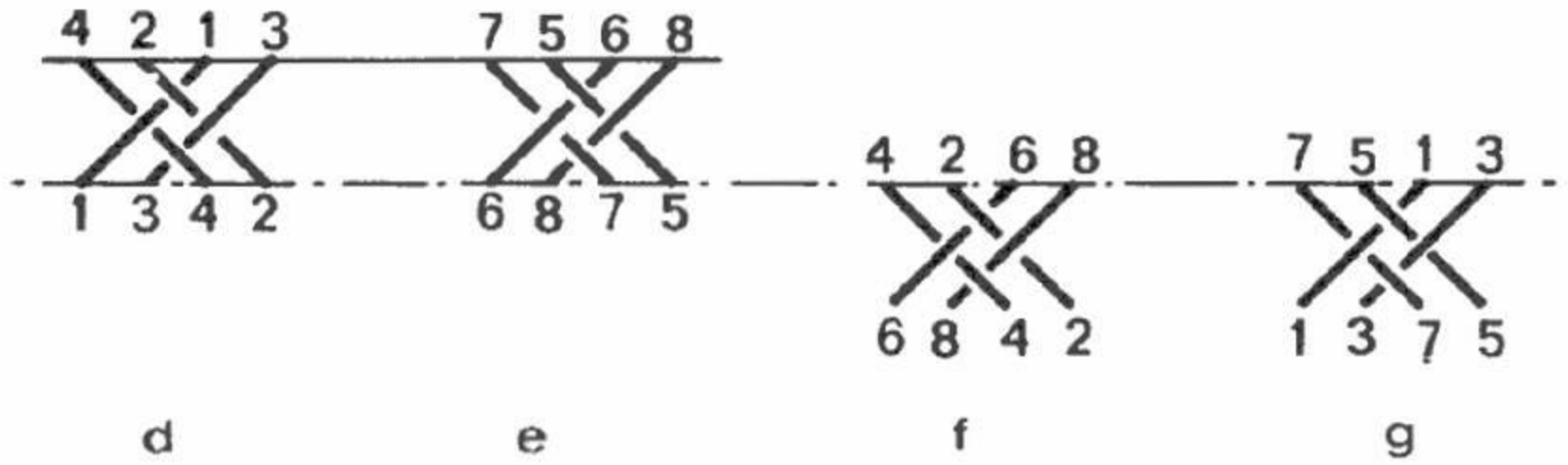


Figure III-14.

d) Avec les deux paquets de brins on reconstitue la tresse autour du cordage. Prenons le cas où il y a 4 brins dans chaque paquet : à droite, 1 et 3 au-dessus, 5 et 7 au-dessous; à gauche, 2 et 4 au-dessus, 6 et 8 au-dessous.

Le brin 1 est croisé sur le cordage vers la gauche. Le brin 2 est croisé par-dessus le 1 vers la droite. Le 3 passe par-dessus le 2 vers la gauche tandis que le 4 passe vers la droite sous le n° 1 et par-dessus le 3.



e) On retourne l'épissure de 180° et on refait les mêmes opérations respectivement avec les brins 6 - 5 - 8 et 7.

f) On refait une seconde passe en tournant le côté droit vers soi et en croisant successivement les brins 6 - 2 - 8 et 4.

g) On tourne le côté gauche vers soi et on croise les brins 1 - 5 - 3 et 7.

On a alors fait une passe complète et il ne reste plus qu'à continuer en reprenant : 1 - 2 - 3 - 4 et 6 - 5 - 8 - 7 puis 6 - 2 - 8 - 4 et 1 - 5 - 3 - 7 autant de fois qu'il le faut.

Après chaque tour tendre fortement chaque brin qui sera maintenu le plus plat possible. Toute la beauté du travail réside dans sa régularité.

Arrivé au bout, les brins sont coupés progressivement, deux à deux, et retenus par une surliure. Si l'on veut finir l'épissure plus proprement on peut la terminer comme dans la méthode suivante en noyant chaque brin sous la tresse avec un crochet smyrne.

La deuxième méthode (*fig. III-15*) fut mise au point par Hawkins and Tipson Ltd. pour le 12 m anglais *Kurrewa V*.

Le résultat est magnifique, mais relève surtout de l'art du crochet qui n'est guère pratiqué par le sexe fort. Elle peut s'appliquer à tous les cordages ayant une tresse extérieure constituée de 8 ou 16 brins et une âme de constitution quelconque. La voici quelque peu simplifiée, à titre de curiosité.

a) En un point situé à une distance de l'extrémité égale à 6 fois la hauteur de l'œil, on extrait l'âme de la tresse.

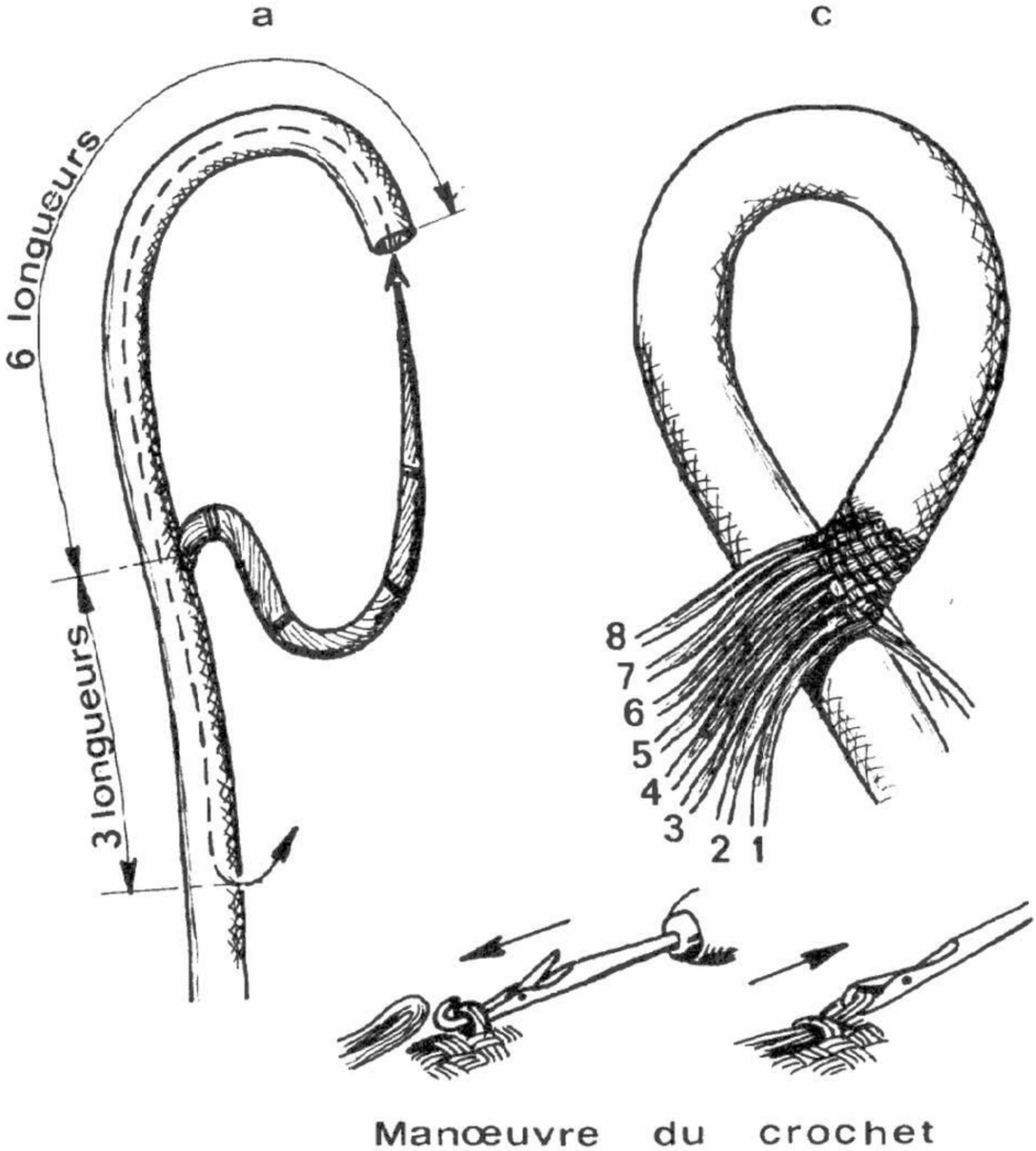
Après avoir effilé l'âme en queue de rat et l'avoir assurée par quelques surliures, on l'enfile dans la gaine par l'extrémité à l'aide d'une aiguille creuse et l'on ressort le tout à 3 longueurs en arrière du point d'extraction ; pour faciliter l'entrée repousser la tresse vers l'arrière ce qui la fait grossir.

b) Au cours de l'opération, lorsque la tresse a atteint ce point, on la défait jusqu'à ce que l'œil ait la dimension voulue.

Si une cosse est prévue, elle est serrée en place en tirant alternativement sur les extrémités de la tresse extérieure et de

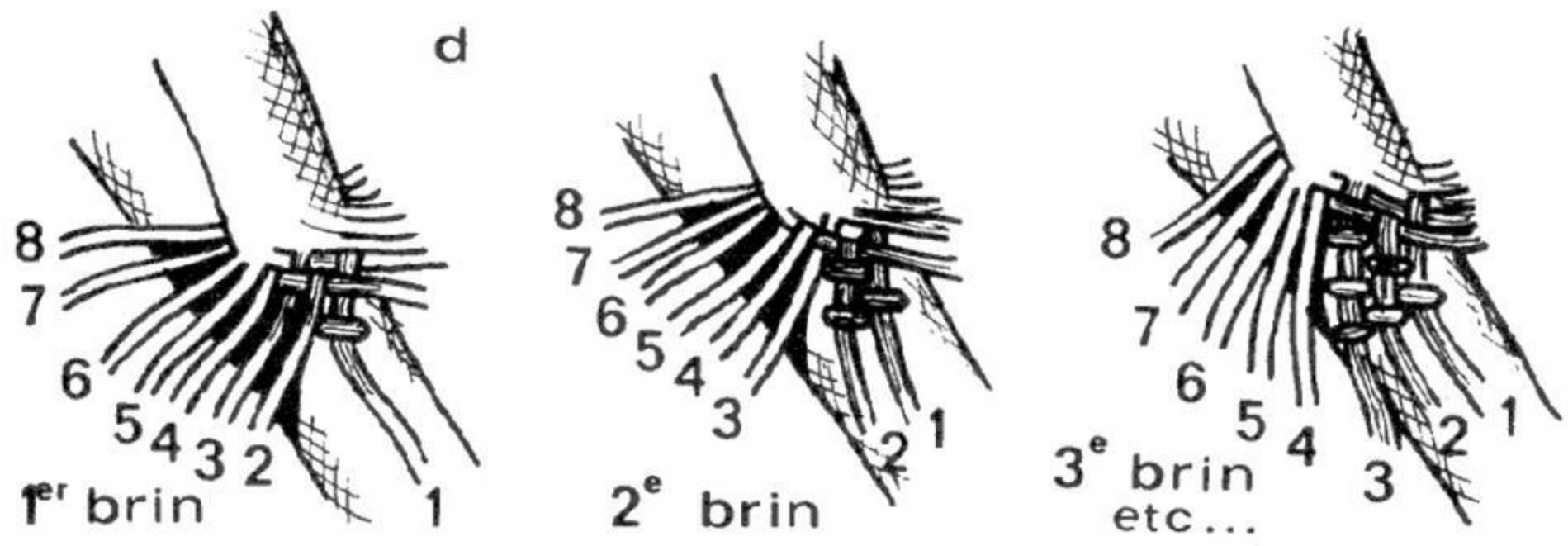
l'âme. On coupe celle-ci à ras et, par une traction sur la tresse extérieure, on noie son extrémité à l'intérieur.

c) On sépare les brins de la tresse en deux paquets dont le brin le plus bas représente la limite suivant laquelle la tresse est défaite. Les deux paquets font donc un angle de 90° environ entre eux lorsqu'on regarde du côté où l'âme pénètre dans le cordage.



Manœuvre du crochet

d) Le procédé consiste ensuite à passer chaque brin, d'un paquet puis de l'autre, à l'aide d'un crochet smyrne sous les brins correspondants du cordage jusqu'à ce que tous se trouvent sur une même circonférence, c'est-à-dire que le premier passe sous un brin,



le second sous deux brins, etc. Ceci peut paraître très compliqué lorsqu'on l'explique mais vient automatiquement lorsque l'extrémité de la tresse revient en contact avec la gaine.

On continue le tressage en tournant jusqu'à atteindre presque l'extrémité des brins.

Après avoir bien tendu chaque brin, on les coupe tous à la même longueur et on les effile. On enfile le crochet sous la tresse, à une distance légèrement supérieure à la longueur du brin, pour le ressortir juste sous celui-ci.

Il ne reste plus qu'à tirer le crochet, pour noyer le brin sous la tresse.

Gaine et âme tressées

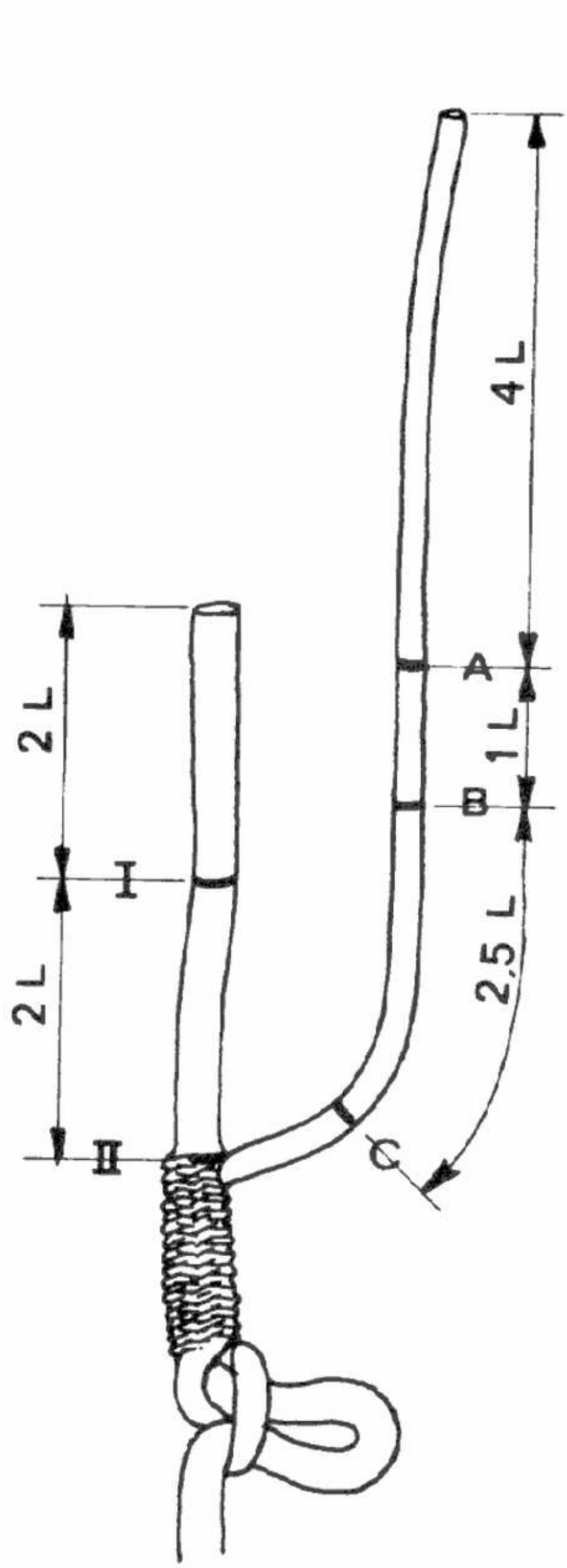
C'est avec ces cordages que l'on peut réaliser les œils les plus beaux et plus résistants (*fig. III-16).*

a) Après avoir fait un nœud sur le cordage pour empêcher les deux tresses de glisser, on fait sur la gaine deux marques I et II à 2 et 4 longueurs d'œil de l'extrémité du cordage. Au point II on extrait l'âme sur laquelle on marque en A le point de sortie.

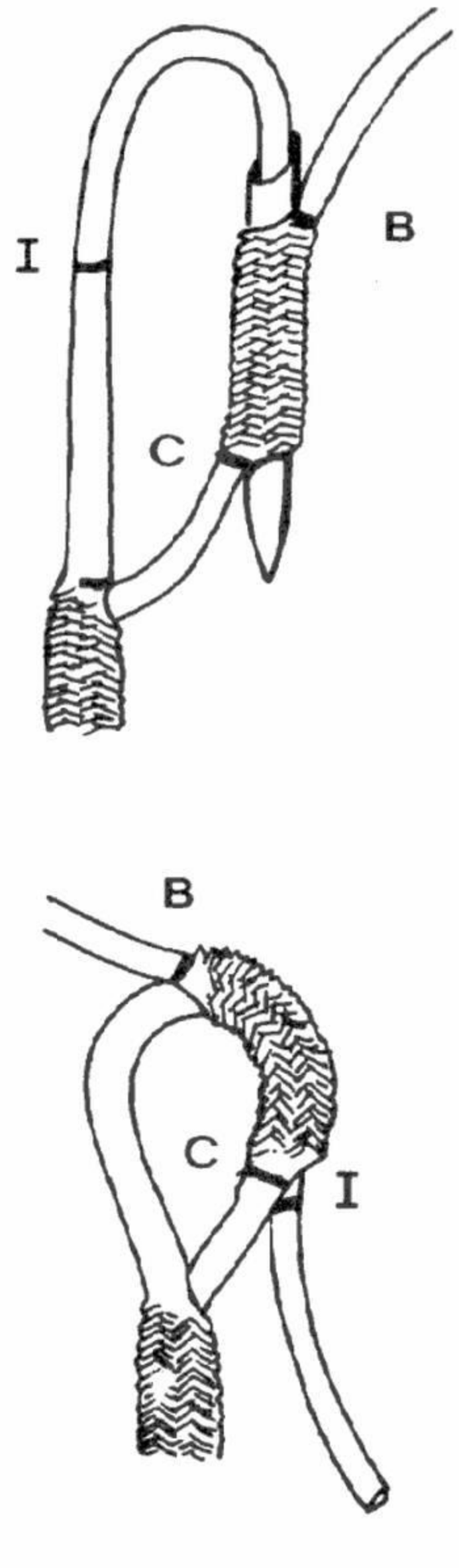
On fait glisser la gaine vers l'arrière et, sur l'âme, on fait deux autres marques : B à une longueur d'œil de A et C à trois longueurs et demie de A.

b) On enfile la gaine dans une aiguille creuse avec laquelle on la passe dans l'âme entre les points B et C. On la tire jusqu'à ce qu'apparaisse en C le point I.

Il faut alors effiler la gaine. Pour cela, en partant du point I on coupe un brin double toutes les 7 paires sur une même ligne à gauche de l'axe (en S). Puis en partant 4 paires en avant on en fait autant sur la ligne voisine à droite (en Z). On retire tous les brins coupés. On ressort alors la gaine de l'âme en tirant sur celle-ci jusqu'à ce que le point I apparaisse en B. La queue de rat de la gaine est ainsi noyée dans l'âme.

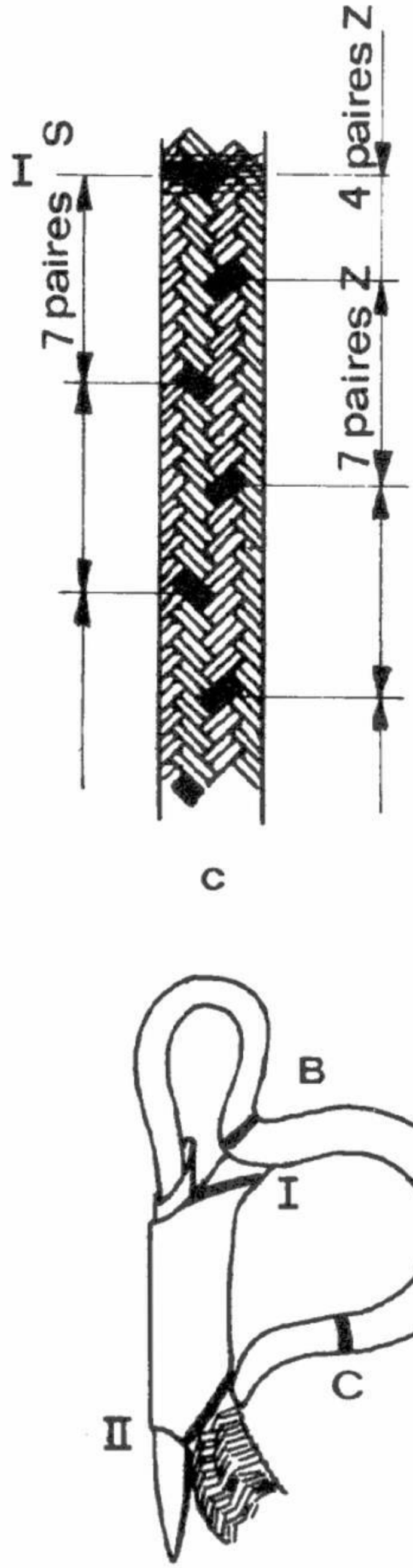


a

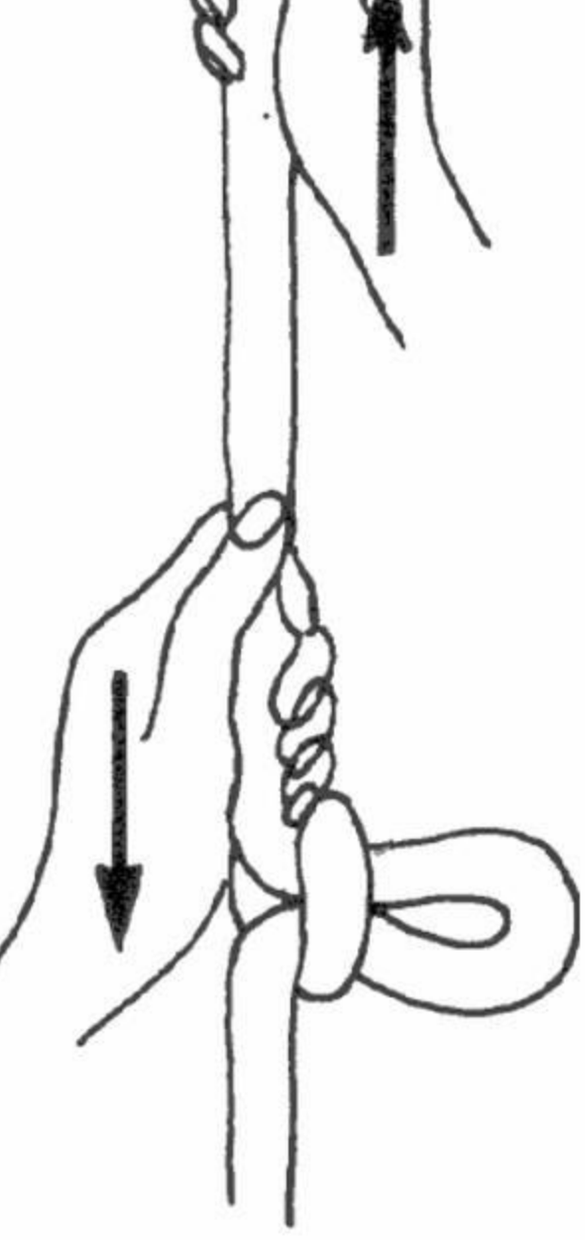


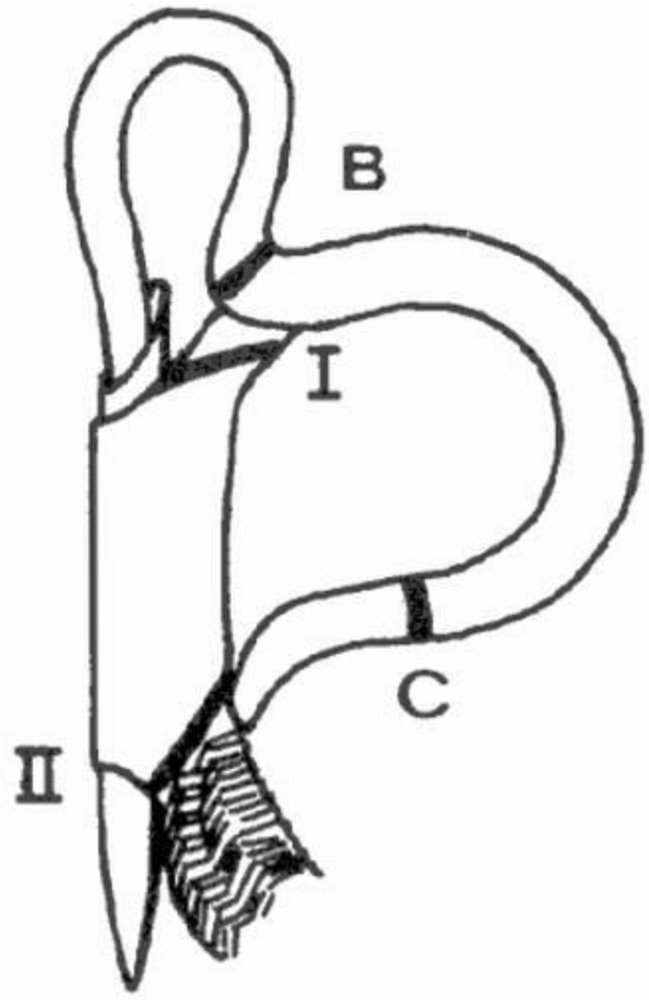
b

Figure III-16 a-b)



c





d

e

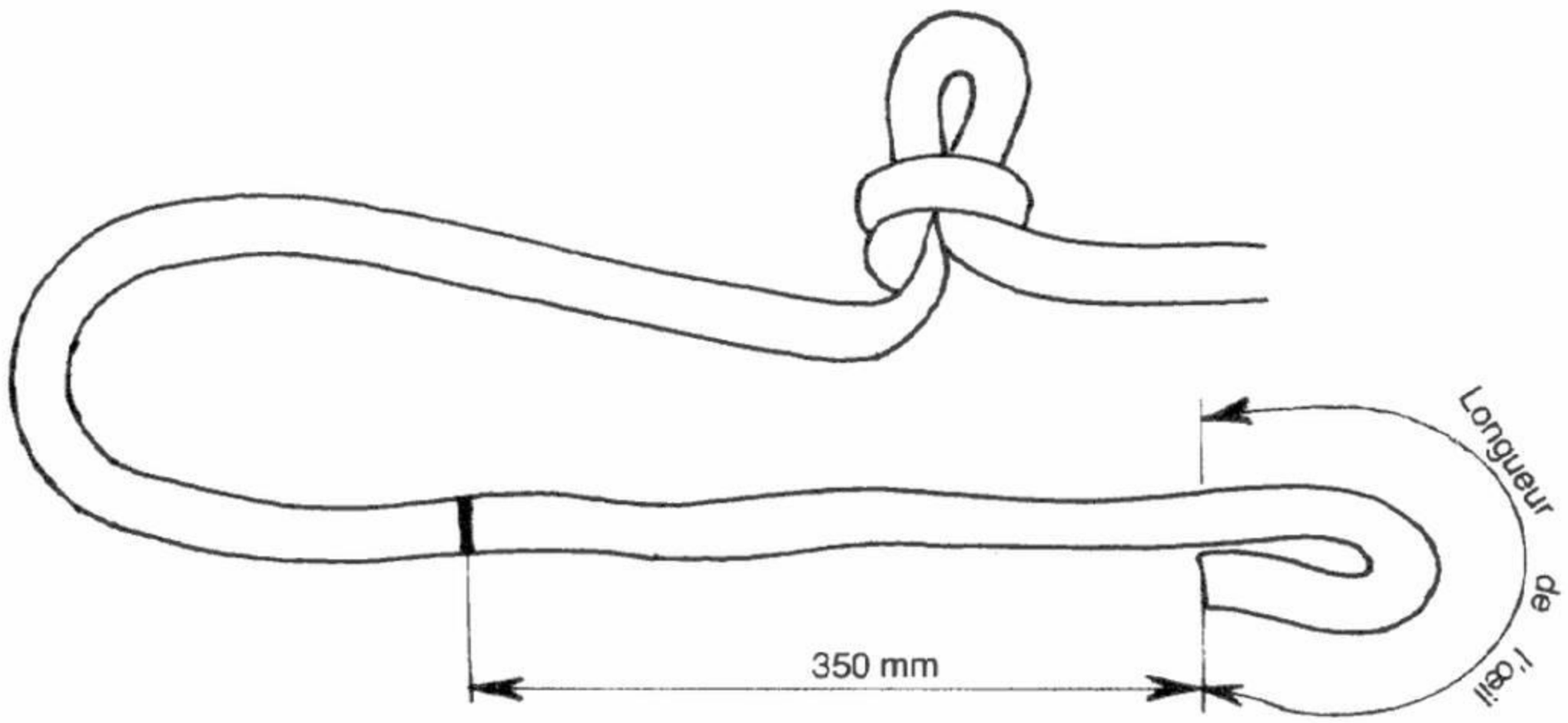
Figure III-16 c-d-e.

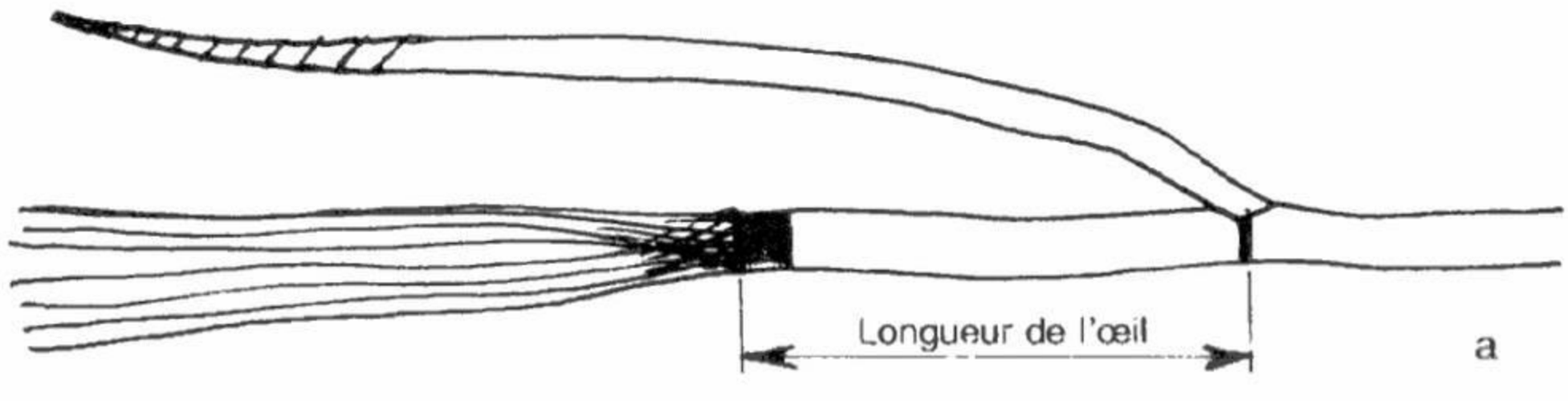
d) On monte maintenant l'âme dans l'aiguille creuse et on la passe dans la gaine le plus près possible du point I pour la faire ressortir à la base de l'œil, c'est-à-dire vers le point II. En général, on ne peut faire l'opération en une seule fois ; si l'œil est de petite taille, on procède alors en deux fois en ressortant l'aiguille à mi-distance des points I et II puis en renouvelant l'opération entre ce point et le point II.

e) Après avoir bien étiré la gaine sur l'âme pour serrer le plus possible le point de jonction en I on coupe ce qui peut encore dépasser de l'âme au point II puis on fait remonter la gaine sur la partie pénétrante de l'œil jusqu'à ce que le point de jonction I-B disparaisse à l'intérieur. C'est au cours de cette opération que l'on insère la cosse prévue.

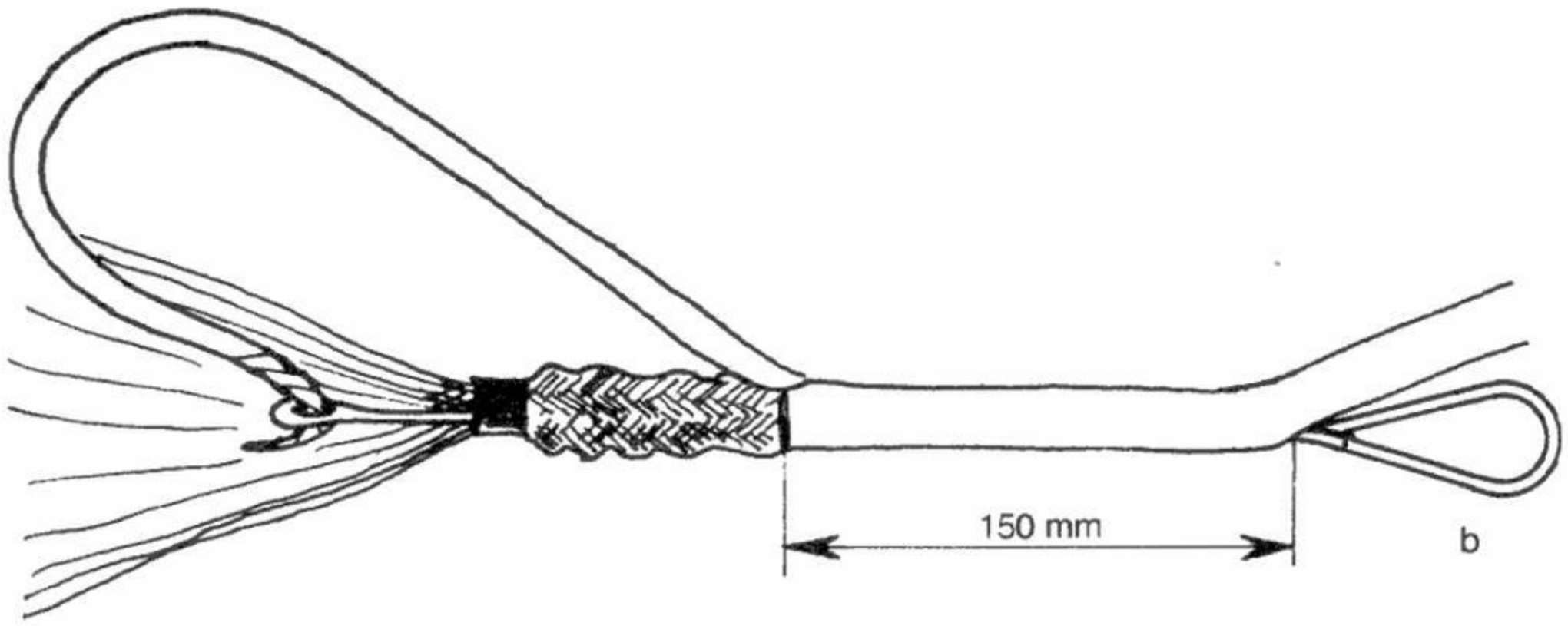
Si l'on ne dispose que d'une aiguille creuse on peut procéder de la façon suivante (*fig. III-17*) :

a) Le travail est préparé comme ci-dessus jusqu'à l'extraction et la préparation de l'âme et l'on décommet la gaine jusqu'à laisser la longueur juste nécessaire pour l'œil.

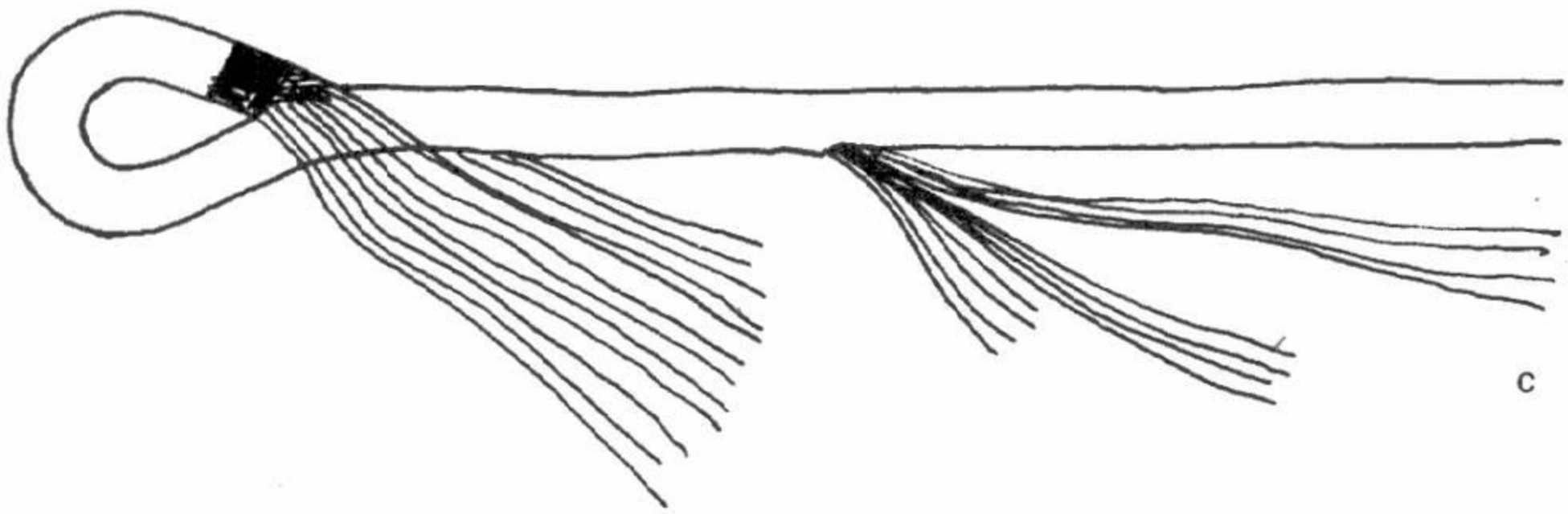




b) L'aiguille est enfilée dans la gaine à 150 mm environ au-dessous du trou de sortie de l'âme, l'extrémité de celle-ci y est enfilée puis tirée à travers la gaine.

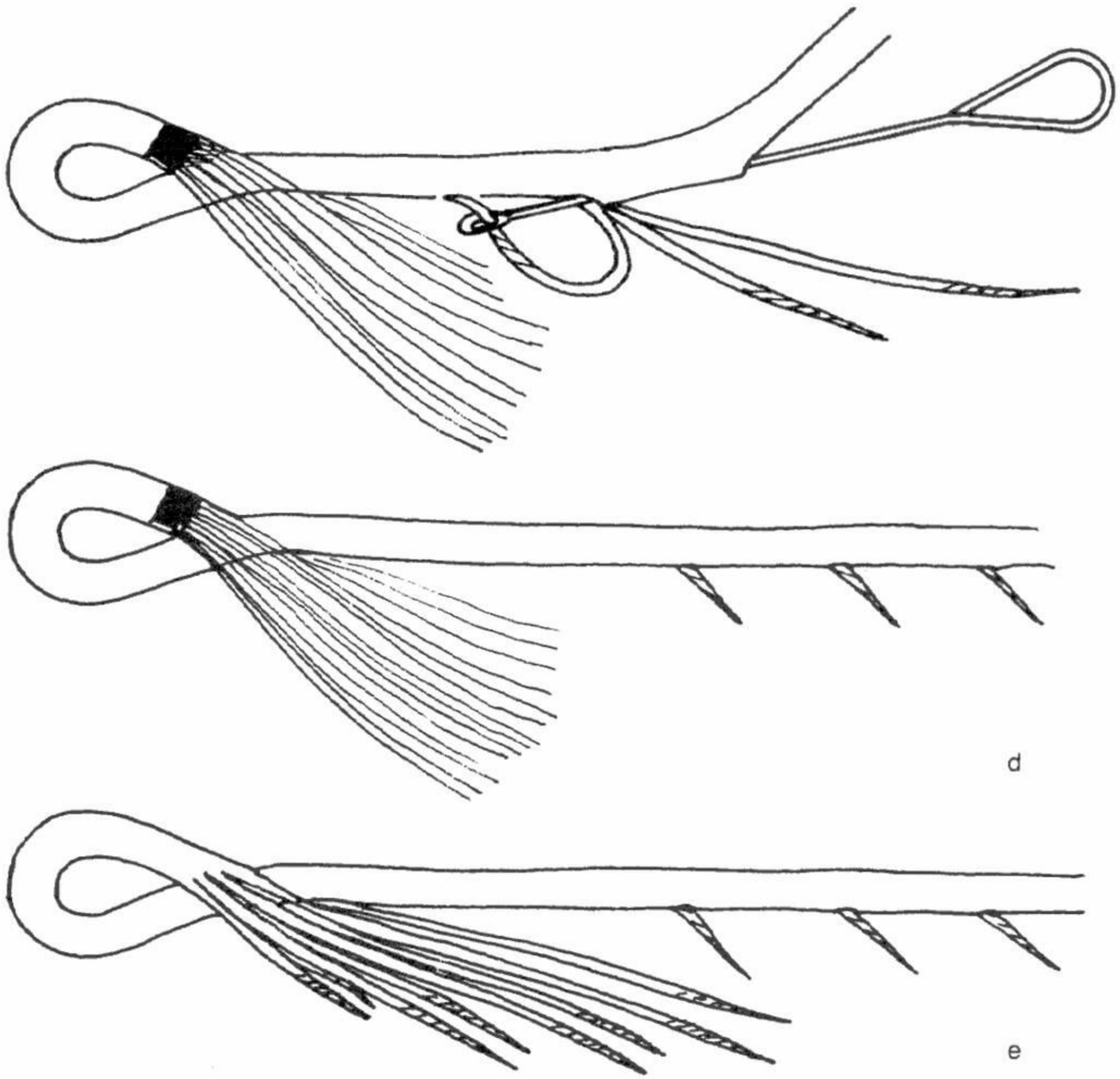


c) On souque sur l'âme (après avoir placé la cosse éventuelle) jusqu'à amener la partie non décommise de l'œil au contact de la gaine. On prépare la partie dépassante de l'âme en en séparant les brins en 3 ou 4 mèches de longueurs progressives que l'on effile et serre par un ruban adhésif. Si le cordage est une double tresse avec une âme parallèle on garde l'âme pour la mèche la plus longue et on sépare les brins de la gaine intérieure en deux mèches de longueurs inégales.



d) On renfile chaque mèche sous la gaine en piquant l'aiguille successivement à 50, 100 et 150 mm en dessous du point d'extraction.

e) Les brins de la gaine extérieure sont répartis en deux paquets de part et d'autre du cordage et chacun est divisé en 4 mèches de longueurs dégressives.



d

e

f) Chacune des mèches est enfilée sous la gaine en piquant l'aiguille successivement à 30, 60, 90 et 120 mm en arrière de l'œil et en répartissant les brins sur deux génératrices situées à 120° de celle utilisée pour l'âme.

On défait le nœud d'arrêt pour permettre à la gaine et à l'âme de reprendre leur place. La gaine est bien régularisée; les brins, souqués, sont arasés et leur extrémité est noyée sous la gaine.

f

Œil cousu sur cordage tressé

Certains cordages, en Nylon en particulier, sont tressés tellement serrés qu'il est impossible de procéder à une quelconque épissure ; d'autre part, pour les écoutes de foc, où il est nécessaire de faire un œil au milieu du cordage il faut se résoudre à la couture (*fig. III-18*).

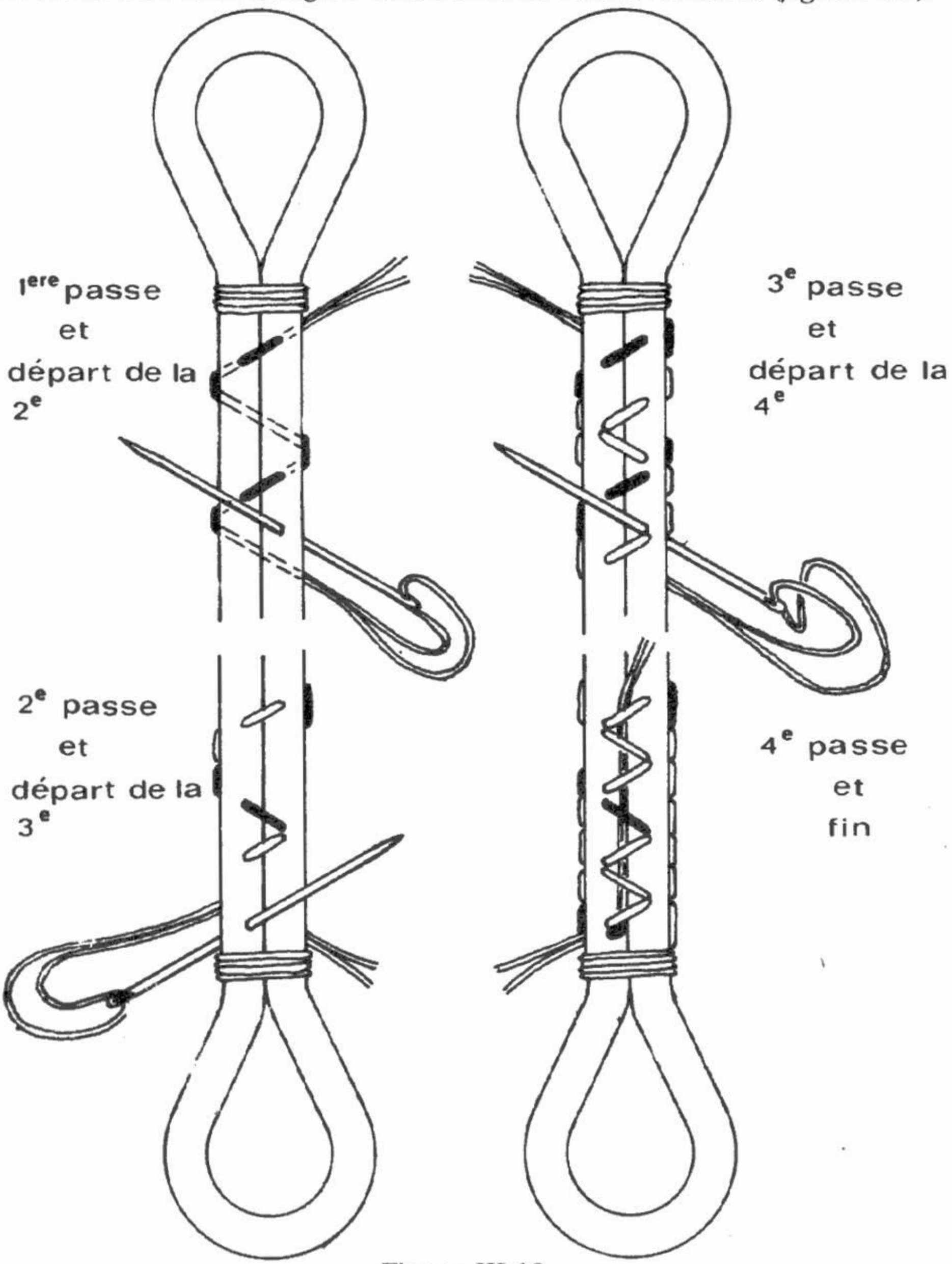


Figure III-18.

On fait tout d'abord une surliure d'arrêt pour réunir les deux brins de l'écoute en formant l'œil dans lequel on insère la cosse.

On pique l'aiguille sur le côté droit pour la ressortir sur le dessus du cordage de droite. On la repique sur le dessus du cordage de gauche pour la ressortir sur le côté gauche. On retourne l'épissure et on refait les mêmes piqûres sur l'autre face. La couture se fait sur une longueur au moins égale à 6 fois le diamètre alternativement 2 fois en descendant et 2 fois en remontant.

Une surliure avec bridure sur toute la longueur protégera la couture.

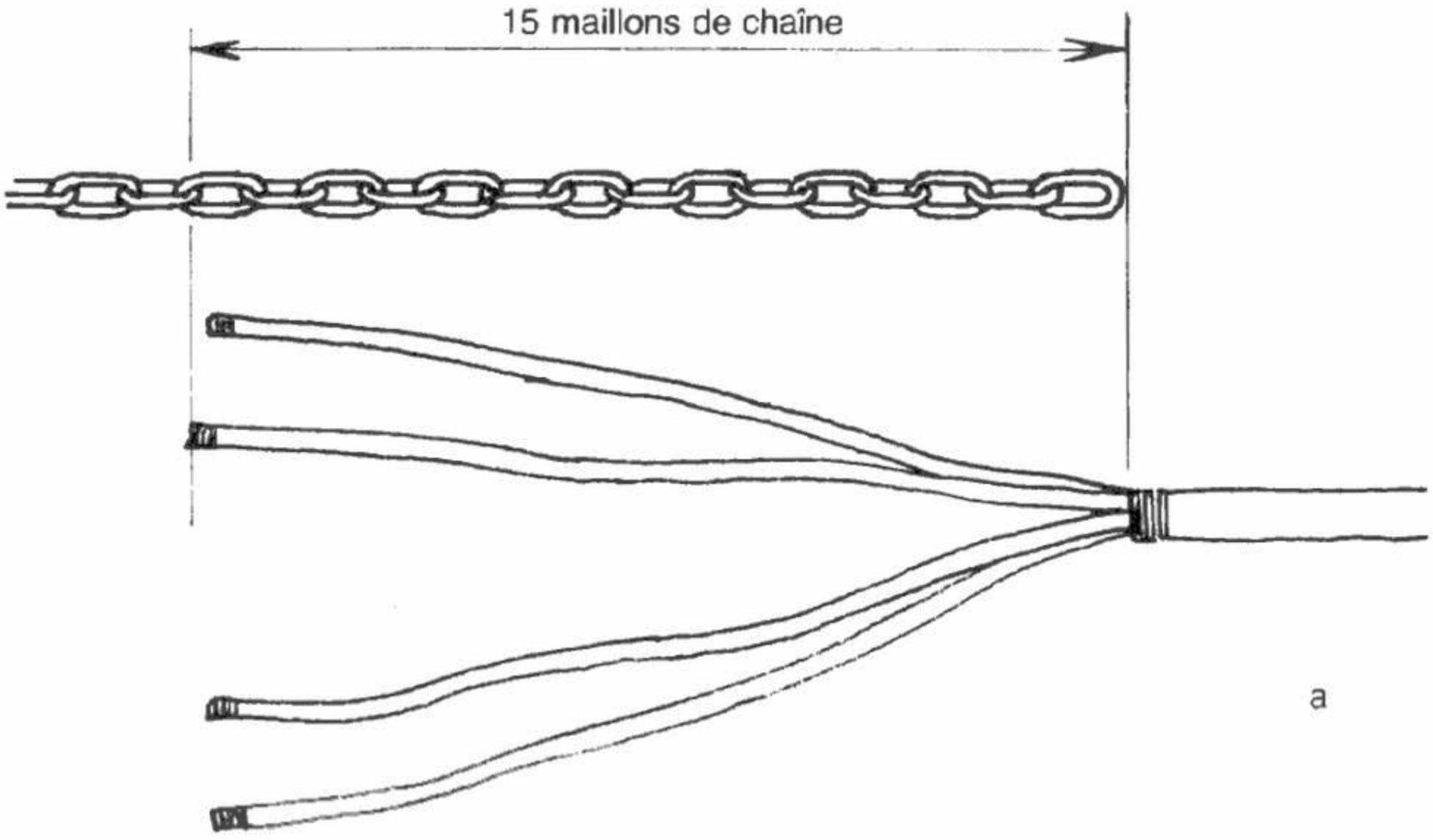
Epissure d'un cordage tressé sur une chaîne

Le cordage tressé offre pour le mouillage le gros avantage d'être antigiratoire, il ne se détourne pas comme le toronné sous l'effort. Une gaine en polypropylène aura l'avantage de protéger une âme en polyamide de l'abrasion et des U.V.

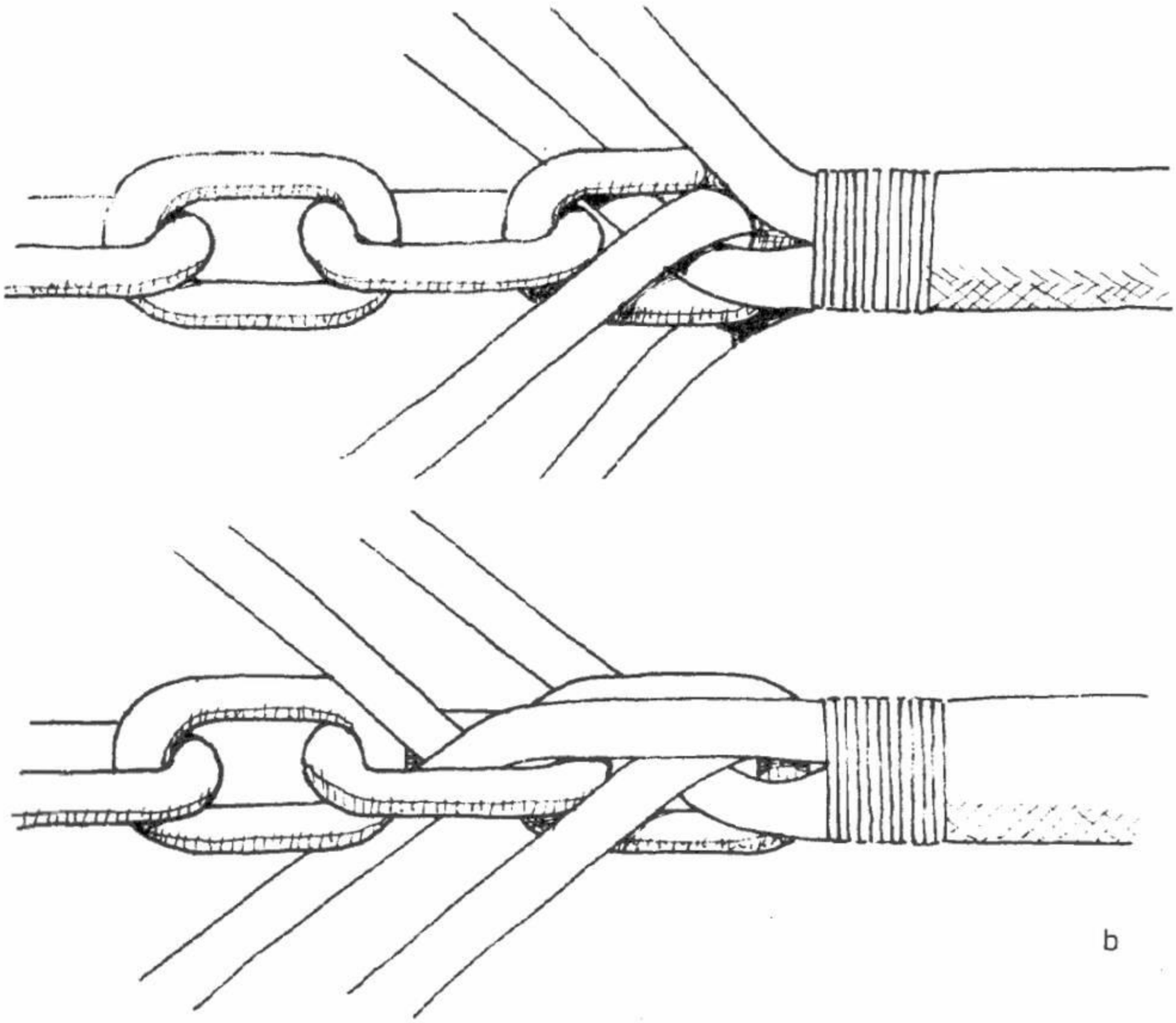
De ce fait il n'est plus nécessaire de prévoir une liaison chaîne-cordage par un émerillon et le cordage peut être directement épissé sur la chaîne ce qui offre un gros avantage pour le passage sur le davier.

Le multitresse est certainement le mieux adapté à ce type d'épissure mais n'importe quel cordage tressé comportant un nombre de fuseaux multiples de 4 peut convenir (*fig. III-19*).

a) On fait sur le cordage une surliure à une distance de l'extrémité égale au moins à 15 maillons de chaîne et on sépare les tresses en 4 brins.

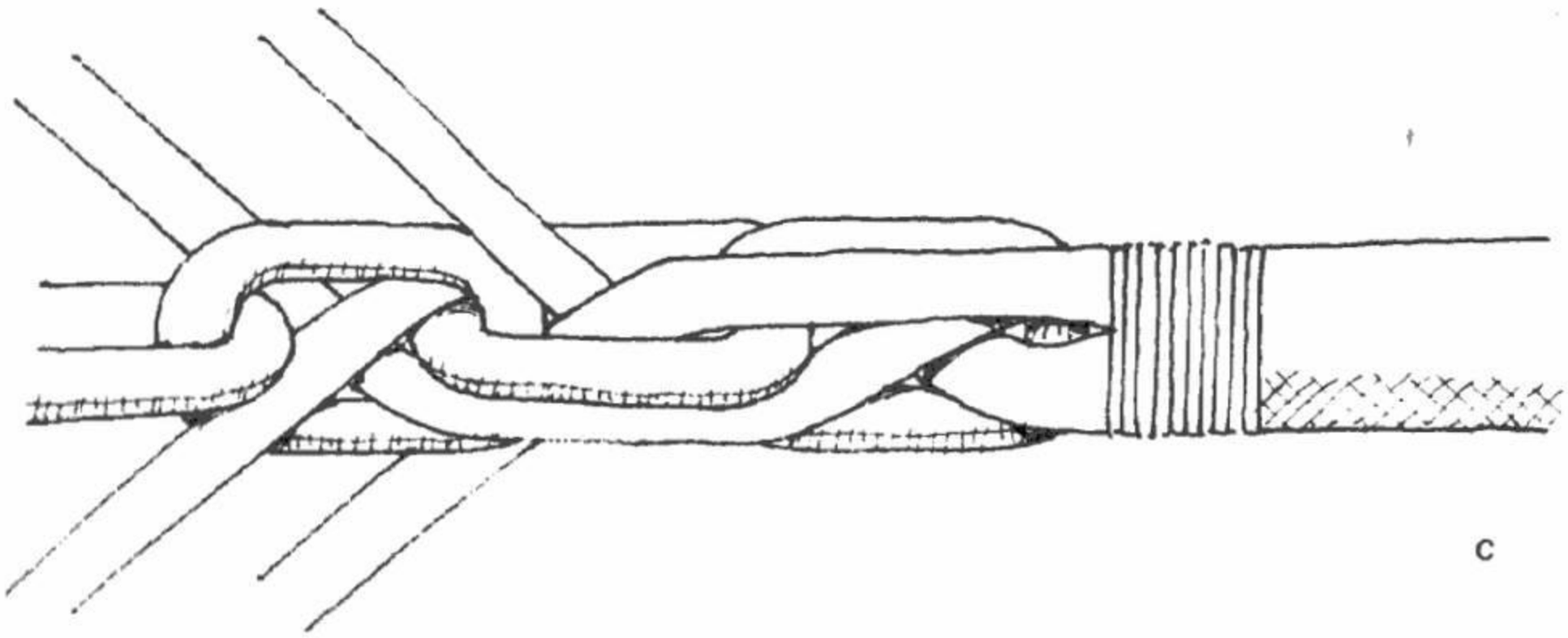


b) On croise deux brins opposés dans le premier maillon, puis les deux autres brins dans le second maillon.



b

c) On élonge les deux premiers brins sur le second maillon de façon qu'ils alternent avec les brins suivants puis on les croise sous le troisième maillon.



c

d) On poursuit de même pour les deux seconds brins, etc.

e) A la fin on relie les extrémités de chaque paire de brins par une surliure.

Il faut surveiller régulièrement l'épissure car l'usure du cordage peut être rapide.

4. Choix des cordages et des câbles pour les gréements courants

ECHANTILLONNAGE DES MANŒUVRES

Le diamètre d'un cordage est défini, non seulement par la charge qu'il doit supporter, mais également par sa destination. Il est préférable, en général, de ne pas dépasser 50 % de la charge de rupture, la charge normale devant être de 20 % environ. De même pour chaque cas un matériau et une composition de cordage seront préférables.

Drisses de grand-voile et foc

Avec les cordages tressés à faible allongement et le Kevlar, le choix entre la drisse mixte et la drisse tout textile s'est largement ouvert.

La distinction se fera donc essentiellement en fonction du type et de la taille du bateau.

Pour des dériveurs et voiliers de pêche-promenade jusqu'à une tonne de déplacement en charge, un simple cordage tressé sur âme préétirée en polyester ou un câblé polyester préétiré conviendra.

Pour les voiliers de croisière jusqu'à une dizaine de mètres (environ 7 tonnes de déplacement et 70 m^2 de voilure) et les voiliers

de course jusqu'au 1/4 tonner on pourra prendre de la drisse tressée à faible allongement.

Au-delà la drisse Kevlar sera utilisée sur les voiliers de course au large pour les grand-voiles jusqu'à 80 m² environ et pour les focs jusqu'à 60 m² environ.

Pour les voiliers de croisière on reculera généralement devant le prix des drisses Kevlar et l'on utilisera une drisse mixte acier/tressé polyester préétiré.

Quant aux voiliers de course ou de croisière de grande taille, l'utilisation des winches emmagasineurs imposera la drisse métallique.

TABLEAU IV-I

ÉCHANTILLONNAGE DES DRISSES

TYPE	DRISSE DE DE GRAND-VOILE		DRISSE DE FOC	
Dériveur et pêche-promenade < 1 tonne	Tressé ou câblé polyester préétiré 8			
Pêche-promenade > 1 tonne Croiseur < 7 tonnes Course jusqu'à 1/4 tonner	Tressé polyester à faible allongement 10 8		10 10	
Croiseur > 7 tonnes Surface de la voile (1) 25 35 45	Itague acier 4 5 5	Bas de drisse 10 12 12	Itague acier 5 6 7	Bas de drisse 12 14 winch emmagasin.
Course au large Surface de la voile (1) 25 35 45 55	Cordage Kevlar 6 6 8 10		6 8 10 winch emmagasineur	
Course au large et croiseur Surface de la voile (1) 55 65 80 120	Itague acier 6 7 8 10	Bas de drisse 14 winch emmagas.	Itague acier 7 8 10 12	Bas de drisse winch emmagas.

(1) La surface considérée pour le foc est celle du foc intermédiaire, du foc n° 1 ou du yankee correspondant sensiblement à la surface du triangle avant.

Le tableau IV-I ci-contre résume ces données chiffrées pour les drisses de grand-voile et de foc des différents types de bateaux.

Drisses de spinnakers

Pour les dériveurs, du Nylon ou du polyester de 6 mm serait suffisant, mais comme c'est trop faible pour avoir une bonne prise on le remplacera par du polypropylène mat tressé. De même, les drisses polyester données dans le tableau IV-II peuvent également être remplacées par le même cordage en prenant la dimension immédiatement supérieure.

Ici encore le Kevlar trouve une excellente application sur les voiliers de course au large lorsque le coût n'est qu'un élément secondaire.

TABLEAU IV-II

COMPOSITION DES DRISSES, BRAS, ÉCOUTES ET RETENUES DE SPINNAKERS

Surface maximum m^2	Diamètre de la partie métallique mm	Diamètre de la partie textile polyester ou polypropylène mat mm	Diamètre des écoutes et retenues polypropylène mat mm	Kevlar mm
40	—	8	6	—
60	—	10	8	—
90	—	12	10	6
120	6	14	12	8
150	7	16	14	10
200	8	18	16	10
300	10	22	18	12
Au-dessus de 120 m^2, la drisse sera entièrement métallique ou en Kevlar.				

A partir de 100 m^2 et dans tous les cas au-dessus de 120 m^2, le winch emmagasineur devient indispensable pour la sécurité de la manœuvre.

L'épissure d'une drisse mixte doit toujours être réalisée avec grand soin de façon qu'elle puisse passer sans problème sur les réas de tête de mât. On s'assurera toujours que ceux-ci peuvent laisser passer le cordage. Elle devra être suffisamment longue pour conserver une bonne souplesse et la surliure située à l'entrée du câble dans le cordage pourra être protégée par une garniture en basane. C'est en effet celle qui s'use le plus.

La longueur de l'itague en acier sera calculée de telle façon qu'elle puisse faire un certain nombre de tours sur le winch, l'épissure venant se situer entre le winch et le taquet. Après la prise du premier ris, l'épissure devra se trouver juste avant le winch.

On montera sur les focs des pantoires, en câble de même diamètre que la drisse, de façon à conserver toujours la même longueur totale de guindant. La drisse viendra ainsi toujours au même endroit sur le winch.

Qu'il s'agisse de drisse mixte ou tout textile il sera bon de prévoir à l'extrémité un petit œil épissé sur une queue de rat ou rapporté (*fig. IV-1)* pour pouvoir fixer facilement un messager pour amener ou renvoyer la drisse. Et surtout ne pas oublier de faire un nœud en huit pour éviter de voir disparaître la drisse dans le mât.

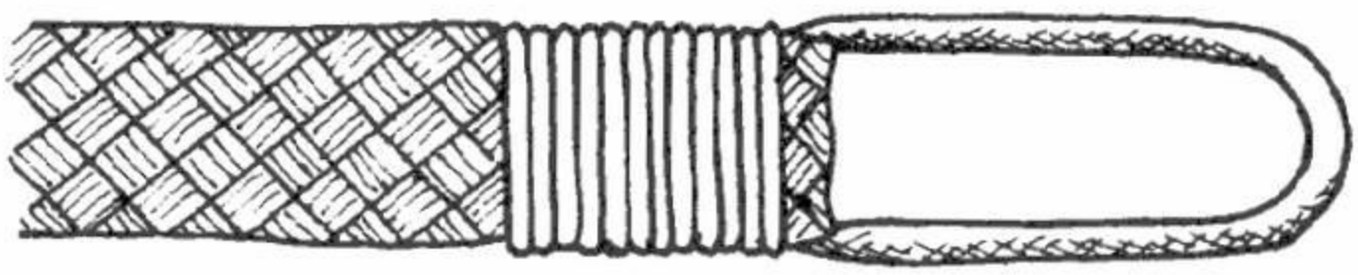


Figure IV-1 — *Œil à l'extrémité des drisses pour la fixation d'un messager.*

Drisses des voiles d'étai

Celles-ci seront d'un diamètre de deux points inférieur à celui de la drisse de spinnaker. Il sera préférable pour la facilité de manœuvre de les prévoir tout en textile. On prendra du polyester tressé à faible allongement jusqu'à 12 mm. Au-delà la drisse sera mixte.

Ecoutes de grand-voile

On recherche avant tout, pour celles-ci, un faible allongement et un toucher qui soit agréable, mais si, sur les grosses unités, la dimension du cordage sera toujours suffisante, sur les petites on sera souvent obligé de prévoir un diamètre supérieur à celui qui serait normalement suffisant afin de conserver une bonne prise en main.

Le poids n'a pas, par ailleurs, une grosse importance, sauf par petit temps où, au vent arrière, il a tendance à ramener la bôme dans l'axe. Signalons en passant un détail qui montre à quel point

la recherche de l'efficacité peut conduire en compétition. Sur le 12 m J.I. australien *Dame Pattie*, le diamètre de la grande écoute tressée spécialement avec une gaine Térylène sur âme Nylon était de 15 mm sur les 22 mètres de la partie utile lorsque la voile était bordée pour le près, allure où l'effort est maximum, et réduit à 10 mm pour les 38 mètres restants. La résistance était de 4,5 tonnes dans la partie la plus forte.

Le meilleur cordage sera donc en polyester tressé ou en polypropylène tressé mat pour les petits voiliers. Le tableau IV-III donne les échantillonnages minimums. Ici encore, il est possible d'augmenter les plus faibles valeurs pour améliorer la prise.

TABLEAU IV-III

DIAMÈTRE DES ÉCOUTES DE GRAND-VOILE

Surface maximum m^2	Polyester ou polypropylène tressé mat mm
Dériveurs	10
35	12
65	14
120	16
> 150	20

Ecoutes de foc

Aux mêmes qualités que pour les écoutes de grand-voile, il faut ajouter cette fois la légéreté qui est particulièrement importante pour les génois légers.

Pour les écoutes normales utilisées avec le génois le plus lourd ou le foc n° 1 suivant l'équilibre du bateau, on prendra du polyester tressé mat. A partir de 45 m^2, on aura souvent intérêt à utiliser une écoute mixte ou en Kevlar si l'on ne regarde pas à la dépense.

Comme pour les drisses la longueur devra être calculée pour que la partie métallique vienne sur le winch. Il faut que les réas soient prévus pour le passage des deux diamètres (voir *figure I-4b).*

Pour les génois portés jusqu'à force 3, on utilisera une écoute entièrement textile plus légère et plus souple d'emploi.

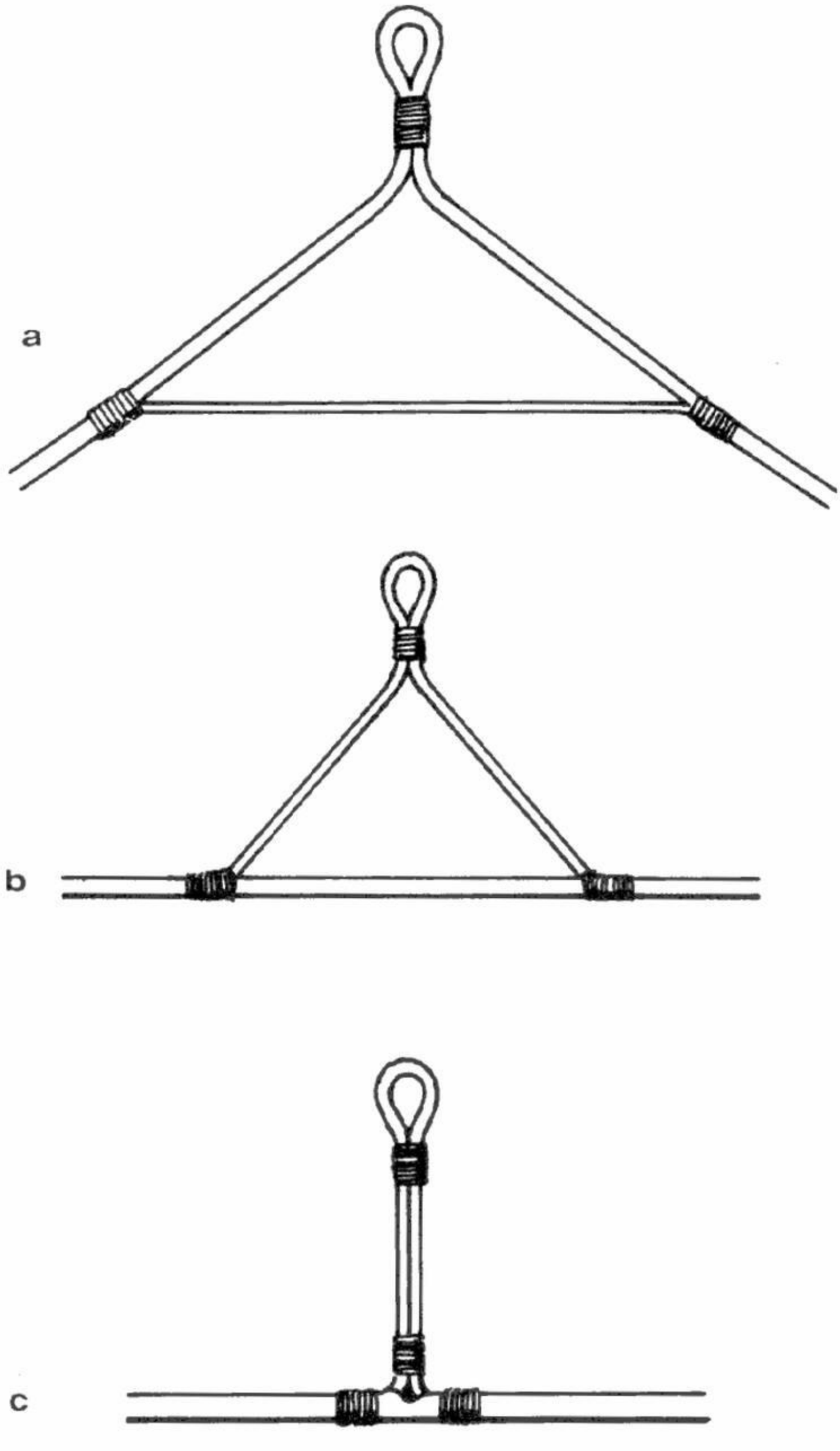


Figure IV-2. — *Œil d'écoute de foc :*
a) bout reliant des deux écoutes ;
b) œil cousu rapporté sur l'écoute ;
c) œil cousu sur tresse intérieure avec cordage double tresse.

Pour les génois légers, il sera intéressant de prendre un cordage le plus léger possible et le polypropylène conviendra parfaitement à cet usage. On pourra même envisager de laisser l'écoute en simple.

TABLEAU IV-IV

COMPOSITION DES ÉCOUTES DE FOC

Surface maxi-mum m^2	Ecoute normale			GENOIS F 3 polyester tressé mat mm	GENOIS LEGER polypropylène tressé mm
	acier mm	Kevlar mm	polyester tressé mat mm		
15	—	—	8	6	5
25	—	—	10	8	6
35	—	—	12	10	8
45	5	6	12	10	8
55	6	8	14	12	10
80	7	10	16	14	12
120	8	10	18	16	14
Pour l'écoute normale, la surface est la même que celle considérée pour le calcul de la drisse.					

Je crois bon de signaler ici trois astuces qui facilitent grandement le passage des écoute (*fig. IV-2*).

La première consiste à épisser sur chaque brin de l'écoute, à 20 cm de l'œil, les deux extrémités d'un bout de 20 à 30 cm.

La seconde consiste à rapporter sur l'écoute, par deux épissures, un bout en double de 10 à 15 cm sur lequel est formé l'œil. Ce bout peut être d'un diamètre inférieur à celui de l'écoute si, pour la facilité de prise, celle-ci est d'un diamètre surabondant.

Lorsqu'on recherche un gain de poids maximum le bout rapporté pourra être aussi long que la distance entre le point d'écoute et le filoir (ou la poulie) le permet.

Enfin avec un cordage à double tresse, lorsque le diamètre est surabondant pour la résistance, il est possible de réaliser une écoute suivant un dispositif analogue. L'œil cousu est pris sur l'âme dont une longueur de 20 à 30 cm est extraite de la gaine au point milieu. Le surplus de longueur de la gaine est absorbé de part et d'autre sur chaque côté et au besoin est coupé aux extrémités.

Il est bon de prévoir une surliure cousue de chaque côté du point de sortie de l'âme pour éviter son glissement par rapport à la gaine.

Cette forme d'écoute implique bien sûr un pontage avant parfaitement nu.

Enfin il est souvent dangeureux de fixer l'écoute de foc sur la voile par une manille ou un mousqueton ; lorsque la voile fasseye celui-ci peut blesser un équipier. D'autre part, il constitue toujours un risque d'accrochage sur une pièce d'accastillage et de détérioration pour le mât.

On pourra donc prévoir pour l'attache d'écoute sur le foc un système à bouton comme celui représenté *figure IV-3*. La cosse du point d'écoute de foc doit bien sûr pouvoir laisser passer le cordage en double.

L'œil sur l'écoute devra avoir une longueur au moins égale à 6 fois le diamètre du cordage. D'autre part il faudra faire attention que la longueur totale de l'œil et de son épissure ne vienne en conflit avec le filoir de l'écoute et n'empêche de la border correctement.

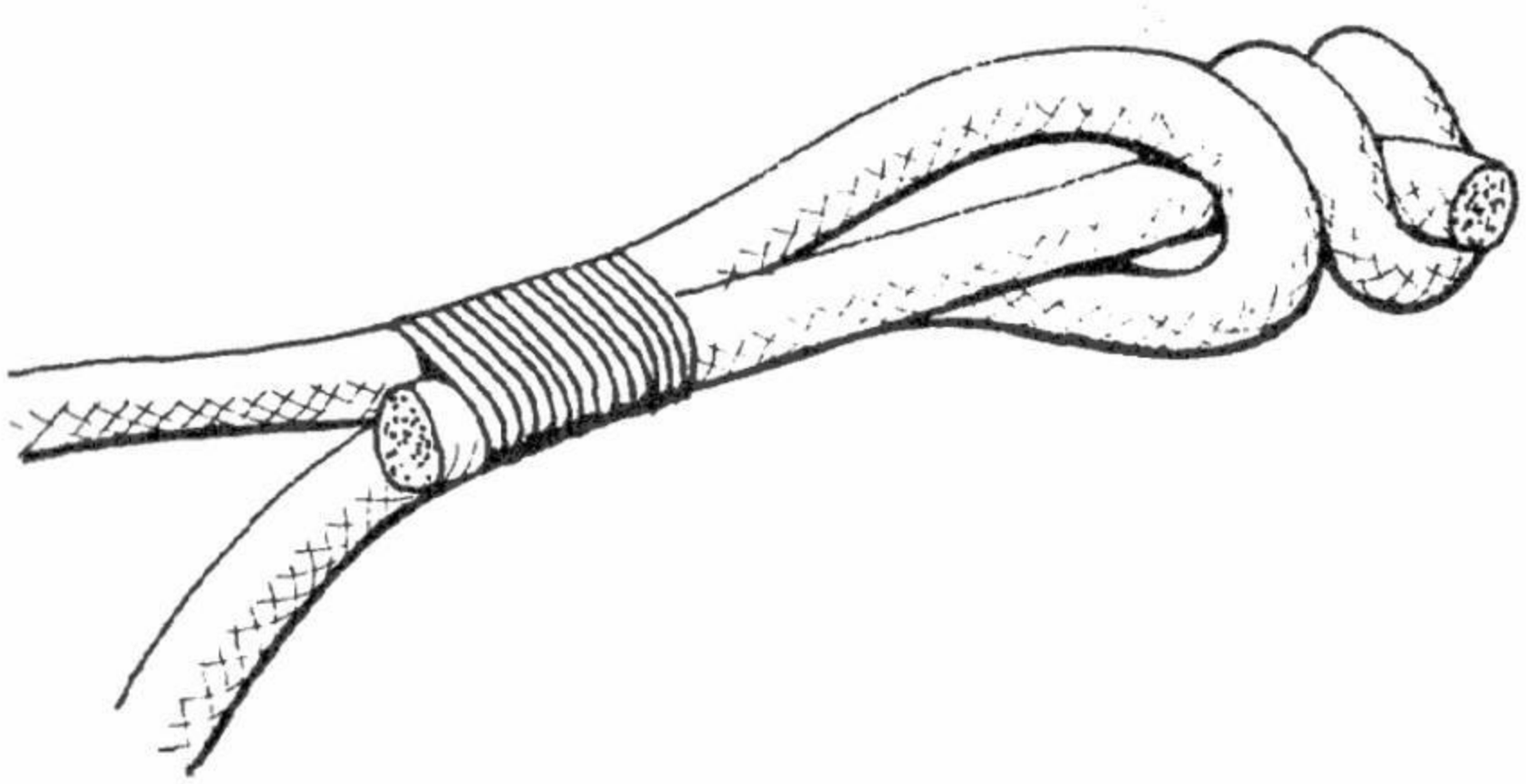


Figure IV-3 — *Bouton de fixation pour écoute de foc.*

Bras, écoutes et retenues de spinnakers

Les bras de spinnakers sont appelés à supporter des efforts considérables lorsque, au largue, le tangon vient contre l'étai. Un tangon débordeur est indispensable non seulement pour éviter qu'ils ne portent sur les haubans, mais pour augmenter l'angle de tire et réduire ainsi les efforts. L'absence d'élasticité est ici particulièrement importante et à partir d'une centaine de mètres carrés les bras devront être mixtes ou en Kevlar de façon à contrôler parfaitement le tangon aux allures du largue. Leur échantillonnage sera le même que celui de la drisse.

Afin de bénéficier du minimum de poids et d'éviter que le cordage coule s'il tombe à l'eau au cours des manœuvres, on prendra du polypropylène pour la partie textile.

Les écoutes et les retenues supportent par contre des efforts beaucoup plus faibles. A partir de 120 m², on prévoira donc un bras et une écoute distincts. Le diamètre de celle-ci sera immédiatement inférieur à celui prévu pour la partie textile du bras. (Tableau IV-II.)

Pour les spinnakers de petit temps, le poids sera le principal facteur et on descendra souvent à des diamètres moitié de ceux prévus normalement.

Par mer agitée, au largue, il n'est pas mauvais d'utiliser pour les retenues du Nylon dont l'élasticité permettra d'amortir, en partie, les mouvements du tangon. Cependant la précision du réglage pourra exiger un cordage beaucoup moins élastique comme le polyester tressé à faible allongement. Le diamètre des retenues sera le même que celui des écoutes. Celui des balancines sera inférieur d'un point.

Ne pas oublier de prévoir sur le tangon une pièce d'usure en bois au niveau du portage sur l'étai.

Manœuvres diverses

Il existe à bord des voiliers de nombreuses autres manœuvres, hale-bas de bôme, palans de retenue de bôme, palan de réglage de chariot d'écoute, bosses de ris. La plupart de celles-ci demandent une grande précision de réglage et par conséquent un faible allongement. Le polyester tressé à faible allongement sera donc nécessaire. Par ailleurs il sera bon de limiter au maximum la variété des types et des diamètres de cordages utilisés, ceci dans un but de simplification de la maintenance et d'économie. On pourra donc pour toutes ces manœuvres se baser sur le même diamètre que celui des drisses de voiles d'étai, soit deux points inférieurs à celui de la drisse de spinnaker avec un minimum de 6 mm ou mieux de 8 mm pour conserver une bonne prise en main.

Balancine de bôme

La balancine n'a de véritable justification que lors de la prise de ris (si l'on ne dispose pas d'un support de bôme). Au port ou au mouillage la drisse de grand-voile remplacera toujours avantageusement une **balancine**. Si la balancine est nécessaire on pourra se

contenter d'une pantoire en acier gainé fixée par un manchon serti sur le pataras à la verticale de l'extrémité de la bôme. Un mousqueton rapide ou une manille automatique en assureront l'accrochage sur la bôme ou, en marche, sur le pataras.

Si l'on désire une balancine réglable, plutôt que de relier l'itague à un palan sur la bôme comme le font souvent les Américains, il est préférable d'utiliser une balancine tout textile passant dans une poulie fixée à l'aplomb de l'extrémité de la bôme sur le pataras et redescendant le long de celui-ci pour s'amarrer sur le pont. On libère ainsi la bôme, déjà trop encombrée par les bosses de ris et le palan d'étarquage de grand-voile, d'un palan supplémentaire.

LONGUEUR DES MANŒUVRES

Il est aussi gênant d'avoir des manœuvres trop courtes qui ne permettent pas de réaliser des réglages corrects, que trop longues et embarrassantes.

La drisse de grand-voile devra pouvoir venir se frapper à l'extrémité de la bôme placée horizontalement et laisser 50 cm à 1 m pour la fixation sur son taquet.

Les drisses de foc et de spi devront de la même façon pouvoir se frapper sur la ferrure de point d'amure pour la première et sur l'œil prévu sur le balcon pour la seconde. Si le spinnaker est rangé dans un avaleur, la longueur devra être plus grande pour permettre la rentrée complète.

L'écoute de grand-voile, lorsque la bôme est brassée contre le hauban sous le vent, doit laisser une longueur de 50 cm à 1 m au-delà de la dernière poulie. Un premier nœud en huit l'arrêtera à ce niveau, la longueur en excès, terminée par un second nœud en huit permettra de reprendre l'écoute facilement.

Les écoutes et bras de foc et de spinnaker auront environ deux fois la longueur du bateau sur le pont. Si elles sont mixtes, la partie métallique devra pouvoir venir faire quatre tours au moins sur le winch.

AMARRES

Les qualités demandées ne sont plus du tout les mêmes, on recherche la souplesse, l'élasticité, une meilleure résistance à

l'abrasion. Il est intéressant également que les aussières flottent, on évite ainsi qu'elles ne se prennent dans les hélices ou les safrans de gouvernail. Les matériaux les meilleurs seront donc les polyamides et polypropylène. Le polyéthylène est à éviter en raison de sa raideur et du fait qu'il tient mal les nœuds. Il n'est plus guère utilisé que pour les cordes de ski-nautique.

Pour son prix de revient et sa flottabilité, le polypropylène en fibres continues et non en crin, câblé ou tressé, est particulièrement intéressant. Mais l'idéal reste le Nylon ou une combinaison des deux. Il faut vérifier que la tresse extérieure soit très épaisse pour avoir une durée de vie suffisante.

Le tableau ci-dessous donne les diamètres normalement utilisables.

TABLEAU IV-V

DIAMÈTRE DES AMARRES

DEPLACEMENT	DIAMETRE en mm
Dériveurs	6 à 8
2 t	10
4 t	12
10 t	16
15 t	18
> 15 t	20 à 25

Les amarres sont préparées avec une cosse ou une boucle large à une extrémité. Celle-ci peut être protégée par un tube en vinyl enfilé avant de faire l'épissure.

On disposera à bord d'au moins une amarre de longueur égale à cinq fois celle du bateau, de deux amarres de longueur égale à deux fois celle du bateau et de deux amarres de longueur égale à celle du bateau.

LIGNES DE MOUILLAGE

Il est devenu extrêmement rare, sur un bateau moderne, d'utiliser uniquement de la chaîne pour la liaison entre l'ancre et le bateau. Pour qu'une ancre tienne convenablement, il est nécessaire que cette liaison comporte un système permettant d'amortir les variations importantes de l'effort de traction.

Autrefois, cet amortissement était obtenu par le poids de la chaîne soulevée à chaque mouvement du bateau. Les matériaux modernes permettent de l'obtenir par leurs caractéristiques d'allongement et, pour une même résistance en traction, de bénéficier d'un gain de poids considérable (de l'ordre de 1 à 10), dont on pourra juger par le tableau ci-dessous ; de plus, ils ne rouillent pas.

TABLEAU IV-VI

COMPARAISON DES LIGNES DE MOUILLAGE EN CHAINE ET EN NYLON

Chaîne calibrée maillons courts			NYLON		
Diamètre mm	Résistance kg	Poids pour 100 m kg	Diamètre mm	Résistance à l'état mouillé kg	Poids pour 100 m kg
5	980	60	10	1 500	6,3
6	1 400	80	12	2 300	9
8	2 500	145	16	4 000	16
10	3 900	235	20	6 000	24
12	5 600	335	22	7 000	29
14	7 600	460	24	9 000	37,5
La résistance du cordage en Nylon est 50 % supérieure à celle de la chaîne pour tenir compte d'une perte égale due aux nœuds et épissures.					

Il en résulte une beaucoup plus grande facilité de manœuvre puisque l'on n'a plus à relever des dizaines de kilos de chaîne et que la ligne peut être emmagasinée au fur et à mesure sur un touret.

Le Nylon, grâce à son allongement très important et à sa grande élasticité, est de loin le plus indiqué. Il est d'ailleurs utilisé pour mouiller des balises ou des stations météorologiques par des fonds allant jusqu'à près de 4 000 mètres de profondeur.

On pourra utiliser du cordage toronné ou mieux tressé. Celui avec gaine en polypropylène résistera mieux à l'abrasion.

L'arrêté du 27 mars 1980 exige, pour les bateaux de moins de 9 m et de 3 tonnes, un mouillage comportant une longueur de chaîne d'au moins 8 m et un câblot donnant à l'ensemble une longueur égale au moins à cinq fois celle du bateau.

Pour les bateaux de plus de 9 m ou de plus de 3 tonnes un second mouillage, qui devient le mouillage principal, doit comporter une

longueur de chaîne égale au moins à deux fois celle du bateau et un câblot égal au moins à trois fois celle du bateau.

Il est bien certain que ces longueurs sont des minimums qui devront être modulés en fonction des caractéristiques des zones de navigation (profondeur, marnage, courants, exposition aux vents).

Le poids des ancres du tableau IV-VII est défini pour des ancres à grande pénétration (Britany, FOB, Danforth d'origine, CQR) avec une tolérance de + ou − 10 %. Il doit être majoré d'un tiers pour les ancres à jas et les ancres à bascule à massif arrière.

Le matériau constitutif des ancres doit être l'acier, d'une résistance à la traction supérieure à 40 daN/mm^2 ou tout autre matériau offrant des garanties équivalentes.

Les ancres à organeau coulissant ne sont pas autorisées pour l'armement réglementaire des navires.

Les chaînes doivent être conformes aux caractéristiques de la chaîne galvanisée de la norme AFNOR pour chaînes de charge à maillons normaux ou d'une résistance à la traction équivalente (norme NF E 26-011) en attendant la nouvelle norme internationale ISO.

Le câblot doit être en fibre polyamide trois torons ou en tout autre matériau offrant des caractéristiques équivalentes (norme NF G 36-012).

Les poids d'ancre donnés dans l'arrêté correspondent dans l'essentiel à un mouillage de gros temps, sauf peut-être pour les bateaux de plus de 12,50 m pour lesquels les valeurs données devraient être augmentées d'un point, comme indiqué sur le tableau IV-VII.

Pour les navires effectuant une navigation en 1re et 2e catégories ce mouillage principal sera entièrement équipé en chaîne car il ne sera utilisé que dans des conditions tout à fait exceptionnelles.

Pour le second mouillage, obligatoire au-dessus de 9 m (et fortement conseillé en dessous) on se reportera à la seconde partie du tableau IV-VII, c'est celui qui sera en fait utilisé le plus souvent.

Un troisième mouillage sera prévu pour les navires de plus de 9 m, destiné à être utilisé par petit temps, lors d'une régate par calme plat ou pour s'ancrer à l'heure du bain si l'on est sûr du temps. Il devra cependant comporter une longueur de chaîne de 5 m environ pour éviter l'usure rapide du Nylon sur les fonds de roches. Le poids de l'ancre sera compris entre la moitié (pour les plus petits) et le tiers (pour les plus gros) du poids de celle du mouillage principal.

Chaîne et câblot correspondront au poids de l'ancre comme prévu pour le mouillage secondaire.

Enfin, du fait de son moindre poids, le cordage, au départ de la

TABLEAU IV-VII

Arrêté du 27 mars 1980

Longueur et poids du navire L en mètres, P en kg	Mouillage principal						Second mouillage		
	Poids de l'ancre kg	Diamètre de la chaîne mm	Diamètre du câblot mm	Résistance moyenne de l'ancre Ra daN	Résistance du nylon mouillé Rn daN	Coefficient de sécurité Rn/Ra	Poids de l'ancre kg	Diamètre de la chaîne mm	Diamètre du câblot mm
Dériveurs	Grappin	—	6	—	550	—	—	—	—
Pour L < 5	4-5	6	10	200	1 500	7,5	—	—	—
Pour L < 6,50 ou P < 1 000	8	6	10	350	1 500	4,3	4-5	5	8
entre L ≥ 6,50 ou P ≥ 1 000 et L < 7,50 ou P < 2 000	10	8	14	450	3 100	6,9	6-7	6	10
entre L ≥ 7,50 ou P ≥ 2 000 et L < 9,00 ou P < 3 000	12	8	14	500	3 100	6,2	8	6	10
entre L ≥ 9,00 ou P ≥ 3 000 et L < 10,50 ou P < 4 500	14	8	14	600	3 100	4,8	10	8	14
entre L ≥ 10,50 ou P ≥ 4 500 et L < 12,50 ou P < 8 000	16	20*	10	18	650	5 000	7,7	14	8	14
entre L ≥ 12,50 ou P ≥ 8 000 et L < 16,00 ou P < 12 000	20	24	10	18	800	5 000	6,3	16	10	16
entre L ≥ 16,00 ou P ≥ 12 000 et L < 18,00 ou P < 16 000	24	34	12	22	1 000	7 000	7	20	10	18
entre L ≥ 18,00 ou P ≥ 16 000 et L < 20,00 ou P < 20 000	34	40	12	22	1 400	7 000	5	24	12	20
entre L ≥ 20,00 ou P ≥ 20 000 et L < 25,00 ou P < 30 000	40	60	14	24	2 000	9 000	4,5	34	12	22
L < 25,00 et P ≥ 30 000	60	—	16	28	2 400	12 000	5	40	14	24

* Les chiffres de gauche sont ceux de la réglementation, ceux de droite les poids conseillés.

chaîne, remonte avec un angle relativement important. Afin de conserver à cet angle une valeur compatible avec la bonne tenue de l'ancre, il faut augmenter la longueur du mouillage qui est habituellement égale à trois fois la profondeur pour la chaîne seule. On portera cette longueur à cinq fois pour des fonds inférieurs à 10 m et à quatre fois en eaux plus profondes.

Il faut également veiller à éviter tout frottement du cordage dans les chaumards et daviers. Pour cela, on peut utiliser un morceau de tuyau d'arrosage en plastique ou en caoutchouc entoilé. Malheureusement, ceux-ci ont l'inconvénient d'échauffer le cordage et il est bon d'enrouler autour de celui-ci une bande de toile ou de drap avant de l'enfiler dans le tuyau. Cependant la meilleure protection reste le manchon de basane cousu. Ne pas oublier d'assurer le manchon sur le cordage afin d'éviter qu'il se déplace.

Table

INTRODUCTION 7

PREMIÈRE PARTIE 11
VOILES

1 — LA GARDE-ROBE DU VOILIER 13
Dériveur léger de promenade et d'initiation 14
Voilier de promenade 14
Voilier de croisière côtière 17
Voilier de croisière 19
Voilier de compétition 25
Voilier de course au large 28
— *Le près* 31
— *Largue sous spinnaker* 34
— *Du largue au vent arrière* 37
Voilier hauturier 40

2 — ÉLABORATION ET CHOIX DES TOILES A VOILES 43
Historique 43
Caractéristiques des toiles à voiles 45
Qualités des toiles à voiles 49
Le fil 49
Le tissage 51

La finition 57
La teinture 59
Présentation 59

Les tissus composites 60

Le choix de la toile 64
Dériveurs légers de promenade et d'initiation 65
Voiliers de promenade 66
Dériveurs et voiliers de compétition 66
Voiliers de croisière 66
Voiliers de course au large 67

3 — TRACÉ ET FABRICATION DES VOILES 73

Principes généraux du tracé des voiles 74
Forme des voiles 75
Déformation du tissu 79
Les tensions dans les voiles 81
— *Efforts aérodynamiques* 82
— *Efforts mécaniques* 84

Principes généraux de tracé 87

L'informatique dans la conception et la coupe des voiles 90

Fabrication 91
Forme et assemblage des laizes 91
Coutures 94

Grand-voiles, misaines et artimons 97
Tracé 97
— *La chute* 98
— *Guindant et bordure* 98
— *Tracé des laizes* 102
Montage 107
— *Ralingues* 108
— *Point d'amure et point d'écoute* 110
— *Planche de tête* 113
— *Goussets de lattes* 114
Différentes dispositions des laizes 115

Grand-voiles de gros temps 117
Voile de cape 117
Voile suédoise 119

Voiles d'avant 120
Tracé 120
— *Guindant* 122

— *Chute* 123
— *Bordure* 124
— *Tracé des laizes* 125
Tracé des voiles d'avant spéciales 129
Montage 129
— *Ralingues en sangle* 131
— *Ralingues en acier* 132
— *Ralingues réglables* 135
— *Point d'écoute* 138
— *Fabrication d'une patte à cosse* 138
Différentes dispositions des laizes 140
Focs de gros temps 140
Spinnakers 142
Forme et tracé 142
— *Tracé d'un spinnaker triradial* 154
— *Tracé d'un spinnaker de dériveur* 158
Montage 161
Spinnakers de croisière 161
Big-boy 163
Trinquettes, tall-boys et voiles d'étai 164
4 — ACCESSOIRES DES VOILES 167
Les grand-voiles 167
Coulisseaux 167
Lattes 169
Nerf de chute 169
Bande de ris 170
Ris de fond 173
Grand-voile à enrouleur 174
Points d'amure réglables 177
Rabans de ferlage 178
Taud 180
Les voiles d'avant 181
Mousquetons 182
Pantoires 183
Profils d'étai 183
Ferlage des focs 187
Focs à rouleau 189
Fenêtres 198

Sacs à voiles 198
Les spinnakers 199
Erseaux 199
Emerillons 199
Sac plat 201
Seau 201
Filet dans le balcon 202
Avaleur de spinnaker 203
La poche à spi 206
Ferlage des spinnakers 207
La « chaussette à spi » 208
Fermetures à glissière 210

5 — L'AJUSTAGE ET LE RÉGLAGE DES VOILES 211
Ajustage de la grand-voile seule 214
Essai statique 214
— *Défauts apparents* 215
Point d'amure 215
Point d'écoute 216
Chute 216
Lattes 216
Point de drisse 216
— *Défauts de fabrication* 218
Essai sur l'eau 219
— *Réglage des ralingues* 220
— *Les lattes* 220
— *La chute* 222
Ajustage de la forme 222
Ajustage du foc seul 228
— *Les trois points* 228
— *Le guindant* 230
— *La chute* 230
— *L'étai* 232
Réglage des deux voiles ensemble 232
— *Réglage moyen du point de tire du foc* 234
Modification des réglages en fonction de l'allure et des conditions de mer et de vent 238
Au près 238
— *Vent de 0 à moins de 1* 238
— *Vent de 1 à moins de 3* 239
— *Vent supérieur à 3* 239

Au largue 241
Au vent arrière 241
Les spinnakers 243
— *Les chutes* 243
— *Le sommet* 243
— *Les épaules* 243
Réglage du spinnaker 244
— *Hauteur du tangon* 244
— *Angle du tangon* 244
— *Angle de tire de l'écoute* 245
— *Traction de l'écoute* 245

6 — ENTRETIEN ET RÉPARATION DES VOILES 247

Les premières sorties 247

Après les sorties 248
En rivière 248
En mer 251

Ragage 251

Nettoyage 253
Lavage 253
Taches 253
— *Taches de graisses minérales* 253
— *Taches de graisses végétales* 253
— *Taches de rouille* 253
— *Taches de sang et de café* 254
— *Taches de peinture à l'huile* 254
— *Taches de peintures plastiques* 254

Surveillance et réparations 254
Matériel nécessaire 255
Réfection des coutures 256
Coutures d'étranglement des ralingues de foc 257
Réparation d'une petite déchirure droite 258
Pose d'une pièce 258
Réfection des étuis de latte 260
Recoudre une ralingue de grand-voile 260

DEUXIÈME PARTIE 263
GRÉEMENTS

1 — GRÉEMENT MÉTALLIQUE 265

Généralités sur les caractéristiques mécaniques 265

Généralités sur la composition des câbles 268
Câbles précontraints 268
Allongement permanent 268

Caractéristiques des aciers utilisés dans les câbles des yachts 269
Acier galvanisé 269
Aciers inoxydables 270

Composition et caractéristiques des câbles suivant leur destination 270
Haubans 270
Itagues de drisses 271
Câbles sous plastique 274
Soins à donner aux câbles 274

Forme des gorges et diamètre des réas 275

Tambours emmagasineurs 276

Attaches de câbles 278
Culot 279
Manchons matricés 280
Cosses 280
Embouts sertis 282
Serre-câbles 283
Normalisation des gréements 284

Gréements en fils ronds et barres profilées 286
Fils 286
Barres lenticulaires 289
C-stay 292

Utilisation du titane pour les gréements 292

Ni câble, ni cordage : les fils polyester enrobés 293

2 — GRÉEMENT TEXTILE 295

Caractéristiques des matières utilisées 296
Polyamides 296
Polyesters 296
Polyéthylène 297

Polypropylène 297
Kevlar 298
Différents types de cordage 299
Toronné 299
Tressé 300
Teinture 302
Préétirage 304
Caractéristiques mécaniques des cordages 304
Soins à apporter aux cordages 304

3 — MATELOTAGE 309

Œil épissé sur câble métallique 310
Œil à la flamande 312

Surliures et épissures sur cordages 313
Surliures 313
— *Surliure ordinaire* 314
— *Surliure longue ou fourrage* 315
— *Surliure cousue* 316
— *Manchons thermo-rétractables* 318
Epissures 318
— *Epissure d'un câble sur cordage toronné* 318
— *Epissure d'un câble sur cordage tressé* 321
— *Œil sur cordage toronné* 324
— *Œil sur cordages tressés* 327
tresse simple sans âme 328
tresse sur âme toronnée 331
gaine et âme tressées 334
— *Œil cousu sur cordage tressé* 340
— *Epissure d'un cordage tressé sur une chaîne* 341

4 — CHOIX DES CORDAGES ET DES CABLES POUR LES GRÉEMENTS COURANTS 345

Echantillonnage des manœuvres 345
Drisses de grand-voile et foc 345
Drisses de spinnakers 347
Drisses des voiles d'étai 348
Ecoutes de grand-voile 348
Ecoutes de foc 349

Bras, écoutes et retenues de spinnakers 352
Manœuvres diverses 353
— *Balancine de bôme* 353
Longueur des manœuvres 354
Amarres 354
Lignes de mouillage 355

4e ÉDITION

VOILES & GREEMENTS

PIERRE GUTELLE

Depuis la sortie de sa première édition en 1967, "Voiles et Gréements" est devenu un classique de la littérature technique. Confronté à un moment quelconque à un problème de voilure ou de gréement, le plaisancier, coureur ou promeneur, sera amené à s'y référer.

Qu'il s'agisse du choix de la garde-robe de son voilier, d'une question de réparation ou d'entretien, du remplacement d'une écoute ou d'une amarre, il trouvera la réponse à son problème.

De plus, pourquoi celui qui s'est lancé dans la construction d'un voilier ne prolongerait-il pas cette expérience jusqu'à la confection de sa voilure ? Le matériel nécessaire est relativement peu important et lui sera de toute façon utile pour l'entretien permanent de son voilier hauturier. Il trouvera donc dans "Voiles et Gréements" tous les éléments et la documentation indispensables à la réalisation de cette voilure.

Cette quatrième édition, intervenant moins de trois ans après la précédente, apporte la preuve des progrès importants survenus dans ce court laps de temps, que ce soit sous la pression de la compétition (nouveaux tissus composites à base de film Mylar, nouvelles constructions des voiles) ou d'une utilisation plus intensive des voiliers de croisière (spinnakers de croisière, nouvelle conception des focs à enrouleur, spécialisation plus grande des tissus).

L'art de la voilerie est sans cesse en évolution et chaque nouvelle édition de ce livre en est le témoin.

135,00 FF TTC
83.01.45.7455.4
9 782707 000514

Knack/ph. Gérard Beauvais - Hippophot